

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 8月24日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-254381

出 願 人

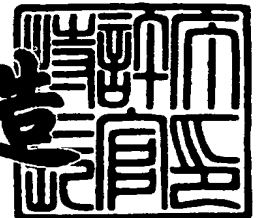
Applicant(s):

日本電信電話株式会社

2001年12月21日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3109654

【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH135514

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/28

【発明の名称】 光デバイス及びその作製方法

【請求項の数】 13

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

    【氏名】 平林 克彦

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

    【氏名】 天野 主税

【特許出願人】

    【識別番号】 000004226

    【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100083552

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 秋田 収喜

【代理人】

    【識別番号】 100103746

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 近野 恵一

    【電話番号】 03-3893-6221

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 014579

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光デバイス及びその作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバを固定した光ファイバ板あるいは光導波路の光が通過する部分を切断するように設けた幅の細い溝に、支持部材を張り付けた面型光学素子を垂直もしくはほぼ垂直に挿入し固定された光デバイスであって、前記細い溝の幅  $W$  は、前記面型光学素子の厚さを  $w$  とすると、 $w + 10 \mu m < W < 160 \mu m$  であることを特徴とする光デバイス。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の光デバイスにおいて、前記支持部材は、ガラス、セラミクス、プラスチックのいずれかからなる角形（口形）、L 型、支柱状のいずれかのブロックであり、該ブロックの高さ  $h$  と幅  $I$  と、前記ブロックからはみ出した部分の前記面型光学素子の長さ  $s$  の関係が、 $I/h > s/I$  で、前記光ファイバ板あるいは光導波路の表面に載置した時、前記薄い面型光学素子を少し傾きをもたせて倒れないように安定させたことを特徴とする光デバイス。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 に記載の光デバイスにおいて、前記ブロックが角型ブロックの場合、ブロックの角に T 状の電極が配線されており、薄い面型光学素子をブロックに張り合わせた時、同時に電極の位置合わせを行って電極を接続し、電極をブロックの上側から外部に取り出すことを特徴とする光デバイス。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の光デバイスにおいて、前記薄い面型光学素子は、その厚さが  $150 \mu m$  以下であり、該面型光学素子がガラスに PbS もしくは a-Si の光ディテクタを形成したもの、半導体デバイスを薄くした光ディテクタ、半導体光変調器、ガラス内に長軸金属微粒子を埋め込んだ偏光子、光学結晶波長板、ガラス基板へ蒸着した誘電体多層膜フィルタ、ND フィルタ、誘電体多層膜ミラーのいずれかでサンドイッチした電気光学結晶もしくは電気光学セラミックからなる可変波長フィルタ、半導体変調器、電気光学結晶・電気光学セラミクス偏波変調器のうちいずれか 1 つであることを特徴とする光デバイス。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の光デバイスにおいて

、薄い面型光学素子の光の通過する部分が、前記溝に挿入した時に、光ファイバあるいは導波路のコアの位置に来るように、前記光学素子には光ファイバ板あるいは光導波路の表面からコアまでの距離に相当する部分に位置合わせマークを付けておき、前記ブロックに張り合わせる時、この位置合わせマークとブロックの底面とを一致させるように張り合わせたことを特徴とする光デバイス。

【請求項 6】 光ファイバを固定した光ファイバ板あるいは光導波路の光が通過する部分を切断するように幅の細い溝を形成する第 1 工程と、面型光学素子を支持部材に張り付ける第 2 工程と、前記支持部材に張り付けられた面型光学素子を前記光ファイバ板あるいは光導波路上に少し傾きをもたせて倒れないように載置し、少し移動させて前記溝に前記面型光学素子を垂直もしくはほぼ垂直に挿入し固定する第 3 工程とを有する光デバイスの作製方法であって、前記細い溝の幅  $W$  は、面型光学素子の厚さを  $w$  とすると、 $w + 10 \mu m < W < 160 \mu m$  であることを特徴とする光デバイスの作製方法。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の光デバイスの作製方法において、前記第 2 工程における支持部材は、ガラス、セラミクス、プラスチックのいずれかからなる角形（口形）、L 型、支柱状のいずれかのブロックであり、該ブロックの高さ  $h$  と幅  $I$  と、ブロックからはみ出した部分の光デバイスの長さ  $s$  の関係が、 $I / h > s / I$  で、光ファイバ板あるいは光導波路の表面に搭載した時、少し傾きをもたせて倒れないように薄い面型光学素子を搭載し、少し移動させて、溝に面型光学素子を挿入し固定する状態を形成することを特徴とする光デバイスの作製方法。

【請求項 8】 請求項 7 に記載の光デバイスの作製方法において、前記ブロックが角型ブロックの場合、ブロックの角に T 状の電極が配線されており、薄い面型光学素子をブロックに張り合わせた時、同時に電極の位置合わせを行って電極を接続する第 4 工程と、該電極をブロックの上側から外部に取り出す第 5 工程を有することを特徴とする光デバイスの作製方法。

【請求項 9】 請求項 6 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の光デバイスの作製方法において、前記薄い面型光学素子が液晶素子である場合、当初ハンドリングできる程度の厚さの基板に透明電極、あるいは金属パターン電極を付ける第 6 工程

と、これをフォト加工等を行った後、 $10\mu\text{m}$ から $50\mu\text{m}$ 程度まで薄く研磨し、切断し、ブロックに張り付ける第7工程と、さらにこの上に配向膜を塗布して、ラビング等の配向処理をして張り合わせる第8工程と、この張り合わせた配向膜間に液晶を充填し液晶素子化して溝内に挿入する第9工程とを有することを特徴とする光デバイスの作製方法。

【請求項10】 請求項9に記載の光デバイスの作製方法において、前記光ファイバ板あるいは光導波路を固定した板に設けた溝に一对のガラス板付きブロックを挿入するか、あるいは1つのガラス板付きブロックを挿入する第10工程と、透明電極と配向膜とがあらかじめ形成された対向する溝壁面間に液晶を充填して液晶素子化する第11工程とを有することを特徴とする光デバイスの作製方法。

【請求項11】 請求項6乃至8のうちいずれか1項に記載の光デバイスの作製方法において、前記薄い面型光学素子が薄型光変調器である場合、4面電極（PLZT）薄板の4つの側面から十字にダイシング溝を入れる第12工程と、その溝の内側に4つの電極を形成する第13工程と、当該PLZTチップは取り出し4電極付き薄板ガラスに張り付けて電極を外部に取り出す第14工程と、光が4つの電極の中心を通過するように前記ブロックに張り付ける第15工程とを有し、光が通過する部分には4つの電極に印加する電圧を調整することによって、 $360$ 度任意の方向、任意の強度の電界が掛かるようにし、入射した光の偏波を無限追従で直線偏波に変換できる機能を有することを特徴とする光デバイスの作製方法。

【請求項12】 請求項9に記載の光デバイスの作製方法において、前記液晶素子の2枚のガラス板には中心対称になるように8本の電極が放射状に形成される第16工程と、前記中心部は光が通過するように $20\mu\text{m}$ から $50\mu\text{m}$ の窓を形成する第17工程とを有し、前記8つの電極に印加する電圧を調整することにより、中心部には $360$ 度任意の方向、任意の強度の電界が印加でき、任意の偏波が入射した時、無限追従で任意の偏波に変換できることを特徴とする光デバイスの作製方法。

【請求項13】 請求項6乃至12のいずれか1項に記載の光デバイスの作

製方法において、前記面型光学素子の光の通過する部分が、前記溝に挿入した時に、光ファイバあるいは導波路のコアの位置に来るように、前記光学素子には光ファイバ板あるいは光導波路の表面からコアまでの距離に相当する部分に位置合わせマークを付ける第 1 8 工程と、前記ブロックに張り合わせる時、前記位置合わせマークとブロックの底面とを一致させるように張り合わせる第 1 9 工程とを有することを特徴とする光デバイスの作製方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0 0 0 1】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、光デバイス及びその作製方法に関し、特に、光ファイバから出た光をコリメートして液晶板、偏光子、フィルタ、ディテクタ等を通して構成していた光デバイスを、光ファイバを固定した板や光導波路に垂直に設けた溝に前記光デバイスを薄型にして挿入する構造を持つ光デバイスに適用して有効な技術に関する。

#### 【0 0 0 2】

#### 【従来の技術】

従来、多くの通信用光学デバイスは、光ファイバからの光をコリメート光にして、種々の面型光学素子（面型光機能素子）を通して、再度コリメートレンズによって集光して光ファイバにカップリングさせ、出力光ファイバへ出力する。しかし、前記面型光学素子が大型になる、コストが高い、など多くの問題があった。

#### 【0 0 0 3】

図 2 1 に代表的なコリメートファイバを用いた光デバイスを示す。9-1 は入力コリメータ付きファイバ、9-2 は出力コリメータ付きファイバ、9-3 は回転  $\lambda/2$  板、9-4 は回転  $\lambda/4$  板、9-5 は回転あるいは移動型 ND フィルタ、9-6 はホモジニアス液晶素子、TN 液晶素子、液晶のいずれかをファブリーペロー干渉計内に入れた液晶可変波長フィルタもしくはピエゾコントロールファブリーペロー干渉計可変波長フィルタ、9-7 は偏光子 1、9-8 は偏光子 2、9-9 はファラデー回転子である。

【0004】

例えば、

(1) 偏波制御素子においては、コリメートファイバ間に、 $\lambda/4$ 板、 $\lambda/2$ 板を挿入して回転させることにより、入力された偏波を任意の偏波に無限追従で偏波制御可能である。実験室では手動タイプがよく用いられるが、実用のシステムにおいてはモータ制御のものが用いられている。

【0005】

(2) 可変光減衰器は、コリメート光に面型のNDフィルタを回転・移動させたメカニカルな可変減衰器がある。これも手動タイプとモータ制御タイプがある。

【0006】

(3) コリメートレンズ間にホモジニアス配向の液晶板を挿入する位相変調器、TN液晶を挿入する偏光 $0 \leftrightarrow 90$ 度偏波スイッチング素子、ファブリーペロー型のフィルタ内に液晶を入れた液晶可変光フィルタや、ピエゾでファブリーペロー型のフィルタギャップを変える可変波長フィルタなどがある。

【0007】

(4) 光アイソレータは、コリメート光の間に互いに45度方向の異なる偏光子とその間に挿入したファラデー回転子からなり、偏波無依存にするためには、さらに、この間に偏光分離素子が挿入されることになる。

【0008】

その他の光ファイバアンプでは光ファイバへの励起光の導入に空間ビーム系が使われている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、前記の従来技術では、光ビームのカップリング、アライメントに労力を要し、単チャンネルであり、素子が大型になるという問題があり、光部品の低コスト化の大きなネックになっている。

【0010】

光導波路や光ファイバを固定した板に $10\mu\text{m}$ から $100\mu\text{m}$ 程度の溝を掘っ



て、その中に前記の機能デバイスを挿入すれば、空間系で実現されている光デバイスが導波路型で実現できることになる。また、 $10\mu\text{m}$ から $100\mu\text{m}$ の溝幅であれば、空間ビーム系よりも、溝を掘ったことによる光のロスはいずれも小さい。特に $40\mu\text{m}$ 以下の溝では $0.2\text{dB}$ と非常にロスが低い。

## 【0011】

我々は、光導波路や光ファイバを固定した板に、溝を掘って液晶を充填することによって、可変光減衰器を実現している。さらに、光導波路においては、偏波依存性の解消のためにポリイミドの波長板を挿入したり、波長分離のためにポリイミド上に形成した誘電体ミラーを挿入する方法がとられている。このように液体や弾力性のあるものを溝に挿入するのは比較的容易であった。

## 【0012】

しかし、ガラス、半導体、電気光学結晶、セラミクスなどの個体の面型光デバイスを $10\mu\text{m}$ から $50\mu\text{m}$ の厚さに薄くして、挿入しようとする、破損しやすく、ハンドリングが非常に難しい。挿入時に微動台を用いて挿入すると、アライメントに労力をし、微動台を $1\mu\text{m}$ 誤って移動させてしまっても、面型光デバイスは破損してしまうという問題があった。

## 【0013】

また、溝を形成する方法が、RIEなどのエッチングの場合には溝の深さが $100\mu\text{m}$ から $50\mu\text{m}$ と浅く、その場合には、薄いデバイスを挿入しても、差込むことができず、デバイスは倒れてしまうという問題があった。

## 【0014】

また、 $10\mu\text{m}$ から $50\mu\text{m}$ と薄い光デバイスを挿入したとしても、その後の電極付けが困難であるという問題があった。

## 【0015】

本発明の目的は、 $10\mu\text{m}$ から $100\mu\text{m}$ 程度に薄くした面型光学素子を破損することなく、容易に光ファイバ板型あるいは導波路型の光デバイスを得ることが可能な技術を提供するものである。

## 【0016】

本発明の他の目的は、面型光学素子に電極があれば、電極も同時に取り出すこ

とが可能な技術を提供するものである。

【0017】

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかになるであろう。

【0018】

【課題を解決するための手段】

本願において開示される発明の概要を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

【0019】

第1の発明は、光ファイバを固定した光ファイバ板あるいは光導波路の光が通過する部分を切断するように設けた幅の細い溝に、支持部材を張り付けた面型光学素子を垂直もしくはほぼ垂直に挿入し固定された光デバイスであって、前記細い溝の幅 $W$ は、前記面型光学素子の厚さを $w$ とすると、 $w + 10 \mu m < W < 160 \mu m$ である。

【0020】

第2の発明は、前記第1の発明の光デバイスにおいて、前記支持部材は、ガラス、セラミクス、プラスチックのいずれかからなる角形（口形）、L型、支柱状のいずれかのブロックであり、該ブロックの高さ $h$ と幅 $I$ と、前記ブロックからはみ出した部分の前記面型光学素子の長さ $s$ の関係が、 $I/h > s/I$ で、前記光ファイバ板あるいは光導波路の表面に載置した時、前記薄い面型光学素子を少し傾きをもたせて倒れないように安定させ、該表面を移動させて、面型光学素子を溝に落とし込むものである。

【0021】

第3の発明は、前記第1又は第2の発明の光デバイスにおいて、前記ブロックが角型ブロックの場合、ブロックの角にT状の電極が配線されており、薄い面型光学素子をブロックに張り合わせた時、同時に電極の位置合わせを行って電極を接続し、電極をブロックの上側から外部に取り出すものである。

【0022】

第4の発明は、第1乃至第3の発明の光デバイスにおいて、前記薄い面型光学

素子は、その厚さが $150\mu\text{m}$ 以下であり、該面型光学素子がガラスにPbSもしくはa-Siの光ディテクタを形成したもの、半導体デバイスを薄くした光ディテクタ、半導体光変調器、ガラス内に長軸金属微粒子を埋め込んだ偏光子、光学結晶波長板、ガラス基板へ蒸着した誘電体多層膜フィルタ、NDフィルタ、誘電体多層膜ミラーのいずれかでサンドイッチした電気光学結晶もしくは電気光学セラミックからなる可変波長フィルタ、半導体変調器、電気光学結晶・電気光学セラミクス偏波変調器のうちいずれか1つである。

## 【0023】

第5の発明は、前記第1乃至第4の発明の光デバイスにおいて、薄い面型光学素子の光の通過する部分が、前記溝に挿入した時に、光ファイバあるいは導波路のコアの位置に来るように、前記光学素子には光ファイバ板あるいは光導波路の表面からコアまでの距離に相当する部分に位置合わせマークを付けておき、前記ブロックに張り合わせる時、この位置合わせマークとブロックの底面とを一致させるように張り合わせたものである。

## 【0024】

第6の発明は、光ファイバを固定した光ファイバ板あるいは光導波路の光が通過する部分を切断するように幅の細い溝を形成する第1工程と、面型光学素子を支持部材に張り付ける第2工程と、前記支持部材に張り付けられた面型光学素子を前記光ファイバ板あるいは光導波路上に少し傾きをもたせて倒れないように載置し、少し移動させて前記溝に前記面型光学素子を垂直もしくはほぼ垂直に挿入し固定する第3工程とを有する光デバイスの作製方法であって、前記細い溝の幅 $W$ は、面型光学素子の厚さを $w$ とすると、 $w+10\mu\text{m}<W<160\mu\text{m}$ である。

## 【0025】

第7の発明は、前記第6の発明の作製方法において、前記第2工程における支持部材は、ガラス、セラミクス、プラスチックのいずれかからなる角形（□形）、L型、支柱状のいずれかのブロックであり、該ブロックの高さ $h$ と幅 $I$ と、ブロックからはみ出した部分の光デバイスの長さ $s$ の関係が、 $I/h>s/I$ で、光ファイバ板あるいは光導波路の表面に搭載した時、少し傾きをもたせて倒れな

いように薄い面型光学素子を該表面に搭載し、表面を移動させて、面型光学素子が溝に達した時、面型光学素子を溝へ落とし込むものである。

## 【 0 0 2 6 】

第 8 の発明は、前記第 7 の発明の光デバイスの作製方法において、前記ブロックが角型ブロックの場合、ブロックの角に「 $\Gamma$ 」状の電極が配線されており、薄い面型光学素子をブロックに張り合わせた時、同時に電極の位置合わせを行って電極を接続する第 4 工程と、該電極をブロックの上側から外部に取り出す第 5 工程を有するものである。

## 【 0 0 2 7 】

第 9 の発明は、前記第 6 乃至第 8 の発明のいずれか 1 つの光デバイスの作製方法において、前記薄い面型光学素子が液晶素子である場合、当初ハンドリングできる程度の厚さの基板に透明電極、あるいは金属パターン電極を付ける第 6 工程と、これをフォト加工等を行った後、 $10\mu\text{m}$  から  $50\mu\text{m}$  程度まで薄く研磨し、切断し、ブロックに張り付ける第 7 工程と、さらにこの上に配向膜を塗布して、ラビング等の配向処理をして張り合わせる第 8 工程と、この張り合わせた配向膜間に液晶を充填し液晶素子化して溝内に挿入する第 9 工程とを有するものである。

## 【 0 0 2 8 】

第 1 0 の発明は、前記第 9 の発明の光デバイスの作製方法において、前記光ファイバ板あるいは光導波路を固定した板に設けた溝に一对のガラス板付きブロックを挿入するか、あるいは 1 つのガラス板付きブロックを挿入する第 1 0 工程と、透明電極と配向膜とがあらかじめ形成された対向する溝壁面間に液晶を充填して液晶素子化する第 1 1 工程とを有するものである。

## 【 0 0 2 9 】

第 1 1 の発明は、前記第 6 乃至 8 の発明のいずれか 1 つの光デバイスの作製方法において、前記薄い面型光学素子が薄型光変調器である場合、4 面電極 (PLZT) 薄板の 4 つの側面から十字にダイシング溝を入れる第 1 2 工程と、その溝の内側に 4 つの電極を形成する第 1 3 工程と、当該 PLZT チップは取り出し 4 電極付き薄板ガラスに張り付けて電極を外部に取り出す第 1 4 工程と、光が 4 つ

の電極の中心を通過するように前記ブロックに張り付ける第 1 5 工程とを有し、光が通過する部分には 4 つの電極に印加する電圧を調整することによって、3 6 0 度任意の方向、任意の強度の電界が掛かるようにし、入射した光の偏波を無限追従で直線偏波に変換できる機能を有するものである。

【 0 0 3 0 】

第 1 2 の発明は、前記第 9 の発明の光デバイスの作製方法において、前記液晶素子の 2 枚のガラス板には中心対称になるように 8 本の電極が放射状に形成される第 1 6 工程と、前記中心部は光が通過するように 2 0  $\mu$  m から 5 0  $\mu$  m の窓を形成する第 1 7 工程とを有し、前記 8 つの電極に印加する電圧を調整することにより、中心部には 3 6 0 度任意の方向、任意の強度の電界が印加でき、任意の偏波が入射した時、無限追従で任意の偏波に変換できるものである。

【 0 0 3 1 】

第 1 3 の発明は、前記第 6 乃至第 1 2 の発明いずれか 1 つの光デバイスの作製方法において、前記面型光学素子の光の通過する部分が、前記溝に挿入した時に、光ファイバあるいは導波路のコアの位置に来るように、前記光学素子には光ファイバ板あるいは光導波路の表面からコアまでの距離に相当する部分に位置合わせマークを付ける第 1 8 工程と、前記ブロックに張り合わせる時、前記位置合わせマークとブロックの底面とを一致させるように張り合わせる第 1 9 工程とを有するものである。

【 0 0 3 2 】

前述の本発明の手段によれば、

- (1) 任意の偏波が入力しても導波路には常に直線偏波に変換する偏波制御素子を、ファイバ固定基板、導波路上に形成できる。
- (2) 高速な位相変調が可能となり、高速な導波路光スイッチが実現できる。
- (3) 任意の波長の光のみを選択できる可変波長フィルタをファイバ固定板、導波路に実装できる。
- (4) 光減衰器を光ファイバや光導波路上に実現できる。
- (5) 通過している光の強度をモニタできる。
- (6) その他、空間ビームを使っているデバイスを全て光導波路、光ファイバ固

定板で可能となり、全てを小型化可能となる。

【0033】

本発明の第1のポイントは、前記面型光学素子を前記光ファイバ板あるいは光導波路の上に乘せたとき、面型光学素子を少し傾きをもたせて倒れないように支柱、角形ブロック、L型ブロック等の支持部材に張り付けることである。これを

【0034】

光ファイバ板あるいは光導波路の平面上を、ピンセットなどで滑らせていくと、前記溝に面型光学素子が達した際に、面型光学素子の端が当該溝に引っかかり、そして当該溝に面型光学素子が自然に「落ち込む」ことによって、簡単に当該溝に薄い面型光学素子を挿入できることを見いだした点にある。

【0035】

この方法を使うと、面型光学素子にはほとんど無理な力が加わらないため、破損することはほとんどない。さらに、あらかじめ支持部材と面型光学素子の張り付け位置をマーカによって決定しておく、落とし込んだ時点で、コアと面型デバイスの窓が一致するという利点がある。通常、微動台などを用いて細い溝へ挿入すると余分に力が掛かって、面型光学素子が破損することが多い。

【0036】

本発明の第2のポイントは、前記のように面型光学素子を支持部材（ブロック）に張り付けてあると、補強の効果も持ち、面型光学素子全体にフォト加工などのプロセスを後から加えることが可能となり、液晶素子の場合には配向膜を塗布したり、ラビングしたりすることが可能となり、また、薄い面型チップを薄い電極付きガラスに張り付けさらにブロックに張り付けることにより、面型チップの複雑な電気配線電極の取り出しが可能となる。

【0037】

以下に、本発明について、本発明による実施形態（実施例）とともに図面を参照して詳細に説明する。

【0038】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の実施形態の光導波路基板もしくは光ファイバ基板の概略構成

及びその作製工程を説明するための図あり、(a)は光導波路基板の斜視図、(b)は光ファイバ固定板の作製工程を説明するための図である。

【 0 0 3 9 】

図2は、本発明の実施形態の溝作製工程を説明するための図であり、(a)はエッチングによる溝形成工程を示す図、(b)はダイシングソーによる溝形成工程を示す図である。

【 0 0 4 0 】

図3は本発明の実施形態の面型光学素子の概略構成及びその作製を説明するための図あり、(a)は支持部材が丸棒の場合、(b)はL形ブロックの場合、(c)は支え板の場合、(d)は角形ブロックの場合である。

【 0 0 4 1 】

図1乃至図3において、1-1-1は光導波路基板、1-1-1Aは光ファイバを固定した基板（以下、光ファイバ基板と呼ぶ）、1-1-2は光ファイバを上から押さえるガラス板、1-1-3は光ファイバ心線、1-1-4は光ファイバの被覆、1-1-5は光ファイバを固定するV溝アレイ、1-1-6は接着剤である。

【 0 0 4 2 】

1-2はこれらの板の光導通部分を切断するように垂直もしくはほぼ垂直に設けた溝であり、エッチングで溝1-2を形成してもよいし、ダイシングで掘ってもよい。1-3はダイシングブレード、1-4は薄い面型光学素子（光機能素子）、1-5はガラス、セラミック、プラスチック等からなる支持部材（以下、ブロックと呼ぶ）、1-6は該ブロックと面型デバイスを接着する接着剤、1-7はブロックと光デバイスの位置合わせマーク、1-8は面型光学素子の光が通過する窓、1-9は光デバイスの電極、1-10はブロックに「」状に付けたパターン電極、1-11は光導波路基板と面型光学素子に適合した屈折率を持つ接着剤、1-12は取り出し電極である。

【 0 0 4 3 】

前記ブロック1-5のパターン電極1-10は、「」状の2面に金属を蒸着した後、2面をフォト加工でパターン化してもよいし、ダイシングなどで機械的に切断してもよい。

## 【 0 0 4 4 】

前記光ファイバ心線 1-1-3 を V 溝アレイ 1-1-5 に乗せてガラス板 1-1-2 で押さえ接着剤 1-1-6 を満たして、接着して、光ファイバ基板 1-1-1 A を作製する（図 1（b））。

## 【 0 0 4 5 】

本実施形態の面型光デバイスの実装光導波路基板は、図 1 に示すように、光導波路基板 1-1-1 もしくは光ファイバ 1-1-1 A に約  $10\mu\text{m}$  ～  $100\mu\text{m}$  幅、深さ  $100\mu\text{m}$  ～  $500\mu\text{m}$  程度の溝を形成する（掘る）。光導波路基板 1-1-1 は、ガラス導波路、s i 基板上の導波路、ポリマー導波路いずれでもよい。また、光ファイバ基板は、図 1（b）に示すように、V 溝アレイ 1-1-5 に光ファイバのコートを剥いた心線 1-1-3 を置き、さらに、その上に薄いガラス板 1-1-2 を配置して、接着剤 1-1-6 で固定したもの、あるいは樹脂で光ファイバを固定したものでもよい。これに薄い面型光学素子を挿入する際、ガラスブロックを接着して、溝に「落とし込む」ように挿入するものである。

## 【 0 0 4 6 】

図 1 に示すように、光導波路基板 1-1-1 もしくは光ファイバ基板 1-1-1 A に、図 2 に示すように、エッチング（図 2（a））もしくはダイシング（図 2（b））で溝を形成する。現在のダイシングプレートでは  $15\mu\text{m}$  から  $150\mu\text{m}$  程度の溝を平坦に研磨しながら溝を形成（掘る）ことが可能である。エッチングの場合には数  $\mu\text{m}$  の幅の溝を掘ることが可能であるが、前者のダイシング法は比較的幅広で深くまで掘ることが可能である、一方、後者のエッチング法は比較的狭く浅い溝を掘るのに適している。

## 【 0 0 4 7 】

次に、図 3 に示すように、挿入用の薄い面型光学素子 1-4 を用意する。通常、薄い面型光学素子 1-4 は、電極加工、エピなどを重ねて作製された後、研磨によって  $10\mu\text{m}$  から  $100\mu\text{m}$  程度まで薄くし、数 mm 角に切断する。 $100\mu\text{m}$  程度の厚さであれば、ピンセットで溝に差し込むことが可能であるが、それより薄い面型光学素子 1-4 を溝 1-2 に挿入することは非常に難しい。

## 【 0 0 4 8 】



本実施形態では、図 3 に示すように、前記薄い面型光学素子 1-4 を光導波路基板 1-1-1 もしくは光ファイバ基板 1-1-1 A の表面に載置した時に、安定させるために前記面型光学素子 1-4 を少し傾けて各種のブロックで支えるようにしている。例えば、図 3 (a) に示すように、丸棒 1-5 を面型光学素子 1-4 に張り付けて、面型光学素子 1-4 が倒れないようにする。また、図 3 (b) に示すように、L 形ブロック 1-5 を張り付け、あるいは、図 3 (c) に示すように、支え板 1-5 を垂直に張り付け、あるいは、図 3 (d) に示すように、角形ブロック 1-5 を張り付けて、面型光学素子 1-4 が倒れないように光導波路基板 1-1-1 もしくは光ファイバ基板 1-1-1 A の表面に置く。

## 【 0 0 4 9 】

この際、面型光学素子 1-4 に光を通過する窓が形成されている場合には、図 4 (a は斜視図、b は正面図) に示すように、面型光学素子 1-4 の表面からコアの深さをあらかじめ測定しておき、この深さの相当する分ガラスブロックから光透過部分 1-8 がはみ出すように接着する。位置合わせマークが付けてあれば、 $\pm 5 \mu\text{m}$  程度の精度で接着可能である。面型光学素子 1-4 に電極が設けられている場合には、面型光学素子 1-4 の電極と前記ブロック 1-5 の電極（パターン電極）1-10 が接続され、当該ブロック 1-5 の角に「 $\Gamma$ 」状の電極によって当該ブロック 1-5 の上側に取り出す。「 $\Gamma$ 」部で電極 1-10 を分離するには、通常のフォト加工では難しい場合もあるので、ダイシングによって機械的に切断してもよい。前記ブロック 1-5 がない場合には、直接薄い面型光学素子 1-4 から電極を取り出す必要があるが、電極 1-10 を付けると面型光学素子 1-4 が破損するという問題があった。このようにするとガラスブロック 1-5 からはみ出した薄い部分に触らなければ、通常のピンセットを用いて、前記ブロック 1-5 の部分をつかみ、ハンドリングが可能となる。そのため前記ブロック 1-5 上のこの面型光学素子 1-4 にスピナーで液晶用の配向膜を塗布あるいは、機械的にラビングをすることも可能となる。

## 【 0 0 5 0 】

次に、図 5 (a) に示すように、前記ブロック 1-5 に張り付けた薄型面型光学素子 1-4 を光導波路基板 1-1-1 もしくは光ファイバ基板 1-1-1 A の表面

に載置する。この時、前記ブロック 1-5 の高さ  $h$  と幅  $I$  と前記ブロック 1-5 からはみ出した部分の面型光学素子 1-4 の長さ  $s$  の関係が、 $I/h > s/I$  であると、前記ブロック 1-5 は倒れずに安定した状態で傾き、面型光学素子 1-4 が光導波路基板 1-1-1 もしくは光ファイバ基板 1-1-1 A の表面に接するように配置される。

## 【0051】

仮に、前記ブロック 1-5 の幅  $I$  が薄いと、図 5 (b) に示すように、前記ブロック 1-5 は倒れてしまい、面型光学素子 1-4 が光導波路基板 1-1-1 もしくは光ファイバ基板 1-1-1 A の表面に接することが不可能となる。このように面型光学素子 1-4 が光導波路基板 1-1-1 もしくは光ファイバ基板 1-1-1 A の表面に接するようにして、ピンセットなどで光導波路基板 1-1-1 もしくは光ファイバ基板 1-1-1 A の表面上をゆっくり押していくと、図 5 (c) に示すように、面型光学素子 1-4 の端が溝 1-2 に当たり、その時点で面型光学素子 1-4 が自然に溝 1-2 に落ち込む。前記面型光学素子 1-4 には無理な力が掛からないため、非常に簡単に挿入が可能となる。

## 【0052】

前記光導波路基板 1-1-1 もしくは光ファイバ基板 1-1-1 A の光導波路コアと窓の位置合わせをするため前記ブロック 1-5 を紙面前後に動かして、アライメントし、前記光導波路基板 1-1-1 もしくは光ファイバ基板 1-1-1 A と前記面型光学素子 1-4 に合致した屈折率を持つ光学接着剤 1-1 1 で固定する。このようにして、図 6 に示すように、前記光導波路基板 1-1-1 もしくは光ファイバ基板 1-1-1 A の溝 1-2 に面型光学素子 1-4 を垂直もしくはほぼ垂直に実装することができる。

## 【0053】

なお、従来の微動台を用いるとアライメントに非常に労力を要し、 $1\mu\text{m}$  誤って面型光学素子 1-4 を溝 1-2 にぶつけてしまっても、面型光学素子 1-4 は破損してしまうという問題があった。

## 【0054】

以上の説明では、1 枚の面型光学素子 1-4 を挿入する場合について説明した

が、図 7 に示すように、2 枚の面型光学素子 1-4 を同一溝に挿入する場合も同様である。

#### 【 0 0 5 5 】

本実施形態によれば、従来バルクでしか実現できなかった光デバイスを薄型化して光導波路溝内に挿入することが可能となり、各種の光機能デバイスを光ファイバ、光導波路に容易にハイブリッド実装が可能となる。

#### 【 0 0 5 6 】

以下の実施例では、前記支持部材をブロックという言葉で説明するが、角形ブロックを示すのではなく、棒、板、L 形ブロックなど全ての形状を含む意味でブロックという言葉を使用する。

#### 【 0 0 5 7 】

##### （実施例 1）

本発明の実施例 1 では、光導波路に偏波制御素子を挿入することにより、任意の偏波を任意の方向の偏波に変換する素子（偏波コントローラ）の作製方法を提供するものである。偏波コントローラは、実システムにおいては偏波分散制御に用いられている。

#### 【 0 0 5 8 】

東北大学の川上教授は、図 8 に示すような中心対称に電極を 8 本配置した電極を持つガラスに垂直配向膜を塗布し、液晶を充填して p 型のネマチック液晶を充填することによりホメオトロピックさせ、8 電極にかかる電圧の位相を調整することにより、中心部に直線電界が印加されるようにして、その方向を 3 6 0 度任意の角度に設定し、その電界の強さを調整することにより波長板の位相量を調整している。

#### 【 0 0 5 9 】

図 8 において、2-1 は 8 電極の中心の光の通過する窓、2-2 は中心対称の 8 電極、2-3 はガラス基板、2-4 は垂直配向した液晶、2-5 は 8 電極の中心の窓を通過した光ビーム、2-6 は 8 電極に印加する電圧を位相を変えて印加し、液晶分子が回転している様子を示したものである。光が通過する部分の直径は 5 0  $\mu$  m 程度であり、 $\lambda/2$ 、 $\lambda/4$  板に相当する 2 枚の液晶回転波長板を用意し

、電圧を印加して、2つの液晶の軸の角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ を調整することにより、そこを通過する光ビームの偏波を常に直線偏波に変換することに成功している。

#### 【0060】

前記液晶回転板は数mm厚のガラス板で構成されているため、通常空間ビームを用いてデバイス化されていた。本実施例1では、光導波路基板、あるいは光ファイバ基板に、前記液晶回転板を挿入する。

#### 【0061】

図9及び図10は、本発明の実施例1の液晶回転波長板の作製工程を説明するための図である。図9及び図10において、3-1は中心対称8電極パターンであり、直径が20-40 $\mu\text{m}$ の窓が形成されている。3-2は0.5mm以上の厚さのガラス基板、3-3は研磨によって15 $\mu\text{m}$ まで薄くされ、数mm角に切断されたガラス基板、3-4はガラスブロック、3-5はスペーサ、3-6はネマチック液晶、3-7は厚さ30 $\mu\text{m}$ のガラス偏光子、3-8は透過型ディテクタである。

#### 【0062】

図9(a)に示すように、1mm軽度の厚さのガラス板に金属電極を蒸着後、フォトリソ加工によって、中心対称8電極を窓の直径約20 $\mu\text{m}$ から40 $\mu\text{m}$ で形成する。アレイにする場合には同じパターンをアレイ状に形成すればよい。また、電極の取り出しは種々の方法があり、その詳細説明は省略する。

#### 【0063】

図9(b)に示すように、このガラス板裏面を研磨して10～15 $\mu\text{m}$ 薄くする。薄くしたガラス板は、ダイシングによって切断する。

#### 【0064】

図10(a)に示すように、ガラスブロック3-4に、真空ピンセットで薄く切断した8電極(3-1)付きガラス基板(3-2)を乗せて、紫外線を照射して、接着する。この8電極付きガラス基板を接着したガラスブロックを一对作製し、スピナーの上にブロックごとのせて配向膜(垂直配向用)を塗布し、乾燥、熱硬化させて、配向膜を形成する。通常、配向膜にはポリイミドが用いられるが、ここでは接着剤をすでに用いているため、低温硬化用(180℃硬化)のポリイ

ミドで熱硬化させる。

【 0 0 6 5 】

次に、図 1 0 ( b ) に示すように、 $20\mu\text{m}$ 程度の厚さのスペーサ 3-5 を介して張り合わせ、図 1 0 ( c ) に示すように、垂直配向ネマチック液晶 3-6 を充填して液晶素子を作製する。その際、光の通過する窓部分が一致するようにアライメントの必要がある。 $15\mu\text{m}$ 厚のガラス基板で、前記のような数 mm 角の液晶セルを作製することは通常は不可能であるが、本実施例 1 の工程のように、ガラスブロック 3-4 を用いることにより、素子化が可能となる。前記作製した液晶素子に p ネマチック液晶を充填して、ホメオトロピック液晶素子化する。

【 0 0 6 6 】

図 1 1 は、前記実施例 1 の液晶回転波長板を用いた無限追従偏波制御素子の作製方法及び光導波路基板への実装方法を説明するための図である。

【 0 0 6 7 】

前記実施例 1 の液晶回転波長板を用いた無限追従偏波制御素子の作製方法は、図 1 1 に示すように、光導波路基板に約  $70\mu\text{m}$  の溝を 1 本、その他約  $40\mu\text{m}$  の溝を 2 本カスケードにダイシングにより形成する。 $70\mu\text{m}$  幅の溝近傍の導波路面上に、作製したブロックに付いた回転波長板を少し傾けて倒れないように置き、横に滑らせて、液晶回転波長板のはみ出した部分を溝に「落とし込む」。次に、光を光導波路に通して、液晶の窓に光が入るように、ブロックを紙面前後に動かして、アライメントして、接着剤を流し込んで、紫外線硬化して接着固定する。

【 0 0 6 8 】

さらに、2 つ目の溝には同様に形成したガラス偏光子 3-7 ( $30\mu\text{m}$  厚) を挿入し、直線偏光のみが通過するようにする。ガラス偏光子 3-7 はガラス内に銀の金属微粒子を分散させ、これを高温にしてガラスを延伸して、銀の微粒子が長軸方向に並ぶようにして形成したものであり。通常は  $1\text{mm}$  程度の厚さがあるが、市販されている最小の薄さは  $30\mu\text{m}$  であり、光導波路基板もしくは光ファイバ基板に形成した溝に挿入することにより、 $30\text{dB}$  以上の偏波消光比を持った直線偏波を通過させることができる。通常  $30\mu\text{m}$  厚のガラス偏光子は取

り扱いが難しい。

【 0 0 6 9 】

本実施例 2 によれば、光ファイバ基板、光導波路基板の希望する位置に溝を掘って、無限追従偏波制御素子の挿入が可能となる。前記 3 つ目の溝にはガラス基板に形成した P b S 光透過型ディテクタ 3 - 8 を挿入し、光のパワーモニタとすることができる。光ディテクタは通常の I n P 等の光ディテクタを  $15\ \mu\text{m}$  程度に薄く研磨したものでもよい。

【 0 0 7 0 】

液晶の 8 電極  $\times$  2 の電極に印加する電圧は、中心にかかる電界の方向を決める  $\theta$  とその電界強度  $E$  の 2 つのパラメータで決まる電圧  $V_0$  の 2 つのパラメータによって任意の偏波を直線へ変換する。偏光子を通過する光パワーを常に最大にするようにこの 2 つのパラメータを調整し、常に偏光子を通過した光が最大になるように、偏波制御素子を制御する。

【 0 0 7 1 】

このようにすることにより、導波路には常に導波路に垂直あるいは平行の偏波が入力されることになり、導波路の偏波依存性を考慮する必要がなくなるため、導波路の機能が大幅に高機能となる。

【 0 0 7 2 】

例えば、光導波路型光スイッチは偏波依存性があるが、それが解決されるし、光減衰器は偏波依存性が 3 d B 程度あるが、それも解消される、AWG フィルタは偏波依存性のために、波長の選択性が悪くなっているが、この問題が解決される。また、導波路上にのせる S O A は偏波無依存化の必要がなくなる。

【 0 0 7 3 】

以上の偏波制御技術は、偏波分散補償にも適用が可能である。

【 0 0 7 4 】

(実施例 2)

本発明の実施例 2 は、平行配向液晶板、ツイストネマチック液晶板の挿入による偏波制御する平行配向液晶板の作製方法である。

【 0 0 7 5 】

前記実施例 1 では、偏波制御素子を 8 電極の液晶回転波長板で実現したが、通常の平行配向の液晶板 2 枚を、0 度と 4 5 度の角度に配置してカスケードに並べることによって偏波制御が可能である。また、ツイストネマチック液晶を挿入することにより、導波路の偏波 T M 波 $\leftrightarrow$ T E 波変換可能である。

## 【 0 0 7 6 】

図 1 2 及び図 1 3 は本発明の実施例 2 の平行配向液晶板の作製工程を説明するための図であり、4-1 は導波路のピッチと同じピッチでパターンニングしたストライプ透明電極 ( I T O ) 、4-2 は 0. 5 m m 以上の厚さのガラス基板、4-3 はガラス基板 4-2 を研磨によって 1 5  $\mu$  m に薄く研磨したガラス基板、4-4 はガラスブロック、4-5-1 はスペーサ、4-5-2 は配向膜、4-5-3 は液晶、4-6 はコア、4-7 は 0 度の方向を向いた平行配向ネマチック素子、4-8 は 4 5 度の方向を向いた平行配向ネマチック素子、4-9 はガラス偏光子、4-1 0 は透過型光ディテクタである。

## 【 0 0 7 7 】

前記実施例 1 と同様に液晶素子を作製し、配向方向を導波路と平行方向、4 5 傾いた方向の 2 つの液晶素子を作製し、セルギャップ 2 0  $\mu$  m 程度に  $\Delta n$  が 0. 2 5 程度の大きなネマチック液晶を充填すると 4  $\mu$  m ~ 5  $\mu$  m の光学長が調整可能となるため、位相を 0 ~ 6  $\pi$  程度調整可能である。無限に偏波制御が可能とする場合には、液晶板をもう一対追加して、合計 4 枚でリセット制御すれば、無限に偏波制御が可能となる。

## 【 0 0 7 8 】

本実施例 2 の平行配向液晶板の作製方法の工程は、図 1 2 ( a ) に示すように、ストライプ透明電極 ( 4-1 ) 付きガラス基板 ( 4-2 ) を用意し、このストライプ透明電極 ( 4-1 ) 付きガラス基板 ( 4-2 ) を、図 1 2 ( b ) に示すように、1 0 ~ 1 2  $\mu$  m 厚に研磨して切断する。次に、図 1 2 ( c ) に示すように、前記ガラス基板 4-2 を研磨によって 1 5  $\mu$  m に薄く研磨したガラス基板 4-3 にガラスブロック 4-4 を付け、その反対面に配向膜 4-5-2 を塗布し、0 度、4 5 度方向にラッピングする。

## 【 0 0 7 9 】

次に、図 1 3 (a) に示すように、0 度配向同士張り合せ (a 1)、4 5 度配向同士張り合せて (a 2)、液晶 4-5-3 を充填する。次に、図 1 3 (b) に示すように、光導波路に挿入して光が通過する部分と透明ストライプ電極の位置合わせを行う。この位置合わせは、光が通過するようにブロックを移動させる。これは一軸のアライメントであるので容易である。次に、図 1 3 (c) に示すように、0 度の方向を向いた平行配向ネマチック素子 (液晶板) 4-7 と 4 5 度の方向を向いた平行配向ネマチック素子 (液晶板) 4-8 を挿入し、そして、ガラス偏光子 4-9 と透過型光ディテクタ 4-10 を挿入する。

## 【 0 0 8 0 】

図 1 2 及び図 1 3 では、液晶素子を作製した後に溝に挿入したが、液晶セルを挿入するのではなく、溝に 1 枚の配向膜／透明電極付き薄板ガラスを挿入し、対向する壁面に I T O と配向膜を付けて、その間に液晶を挿入することによって、偏波制御する素子を作製することも可能である。

## 【 0 0 8 1 】

この方法を用いるとガラス基板 4-2 の厚さ分だけ、溝幅を狭くできるので、ロスを低減できるという利点がある。できる限りガラス板の厚さを薄くして、ロスを低くするため、ここでは  $10\ \mu\text{m}$  厚のガラス板を用いた。

## 【 0 0 8 2 】

その作製工程を図 1 4 及び図 1 5 に示す。図 1 4 及び図 1 5 において、5-1 は導波路溝壁面に形成した透明電極、5-2 は配向膜、5-3 はラビングロール、5-4 はガラスブロック、5-5 はガラスブロック、5-6 は 0 度配向ホモジニアス液晶、5-7 はツイストネマチック液晶、5-8 はガラス偏光子、5-9 は透過型ディテクタである。

## 【 0 0 8 3 】

図 1 4 (a) ～ (c) までは、前記図 1 2 と同様である。但しラビングの方向は平行配向と、90 度ツイスト配向となるようにラビングをかける。図 1 5 (a) では導波路溝壁面にスパッタリングにより、透明電極を形成し、さらにその上に配向膜を塗布する。図 1 5 (b) では、ラビングの毛の直径が最も細い  $15\ \mu\text{m}$  以下の毛でラビングを溝内にかける。これによって溝内には 0 度方向のラビン



グがかかる。あるいは、溝幅よりも薄いフィルムを挿入して、溝壁面をこするように一定方向に移動させることによってラビングをかけることができる。次に、図15(c)では、前記図14(c)で形成した0度配向と90度配向のガラス板を溝内に挿入して溝面に密着するように接着する。さらに、片側には配向膜とラビング処理したガラスブロックを溝側面と同じ面に一致するように乗せる。セルギャップは、通常は用いるスペーサによって推定されるが、ここでは断面の顕微鏡観測、あるいは干渉測定によりセルギャップ $d$ を求める。これから、ツイストネマチック配向の最適な $\Delta n$ が以下の式でわかる。

【0084】

【数1】  $u = 2d\Delta n / \lambda$ 、 $u = 3, 5, 35, 63 \dots$

これに相当する $\Delta n$ を持つ液晶を充填することにより、より偏波消光比の高いツイストネマチック偏波制御素子を実現できる。即ち数 $V$ の電圧を印加していると、この部分を通過する光はなんら偏波の変化をせずに通過する。つぎに電圧を印加しないと、導波路に平行な直線偏波は垂直に変換され、垂直な偏波は平行に変換される。この動作は温度が変化しても保持される。このようにして、偏波制御デバイスを実現できる。

【0085】

(実施例3)

本発明の実施例3は、本発明をPLZT変調器に適用した例である。

【0086】

PLZT光シャッタアレイは、現在高速の業務用写真プリンタとして実用化されている。PLZTは $PbO$ 、 $La_2O_3$ 、 $ZrO_2$ 、 $TiO_2$ の4つの酸化物を混合して焼結して形成し、

【0087】

【化1】  $(Pb_{1-x}La_x)(Zr_yTi_z)_{1-x}O_3$

の化学式で表わされ、通常の $(x, y, z)$ の値が $(9/65/35)$ が最も電気光学効果が大きい材料として知られる。PLZTは、LNよりも1桁大きな電気光学効果を示す。

【0088】

その市販されている代表的な光シャッタアレイの構造を図 1 6 に示す。図 1 6 において、6-1 は P L Z T セラミクス基板、6-2 は凸型をしており、その両脇には電極が形成され通過する光ビームを変調するシャッタ部分、6-3 は凸部 P L Z T を挟む電極、6-4 はダイシングによって電極を分離した部分であり、2 本の光は下側から入射し、上に抜ける。電極は左右に挟むように  $50\mu\text{m}$  間隔で設けられ、 $50\text{V}$  の半波長電圧で制御している。このシャッタはアレイ化するために表面をダイシングで  $50\mu\text{m}$  ピッチに電極分離している。このようにダイシングによって、数  $10\mu\text{m}$  単位の形状形成が可能となっている。

## 【 0 0 8 9 】

図 1 7 及び図 1 8 は、本発明の実施例 3 の P L Z T 変調器の作製工程を説明するための図である。図 1 7 及び図 1 8 において、7-1 は凸型の P L Z T ブロックの側面に付けた電極、7-2 は凸型をした P L Z T、7-3 はスライシングダイシング面、7-4 はダイシング後研磨した凸型 P L Z T チップ、7-5 は電極付きガラスブロック、7-6 は導電ペースト、7-7 はガラスブロックに付けた電極、7-8 は溝を設けた導波路、7-9 は接着剤である。

## 【 0 0 9 0 】

図 1 7 ( a ) に示すように、凸型 P L Z T ブロックを用意し、その側面に電極を形成する。ここでは A l 電極でもよいが、研磨をすることを考慮して、密着性のよい C r を蒸着した。凸部の幅は約  $50\mu\text{m}$  とした。次に、図 1 7 ( b ) に示すように、ダイシングで  $100\mu\text{m}$  から  $50\mu\text{m}$  厚にスライシング切断して、図 1 7 ( c ) に示すように、 $30\mu\text{m}$  から  $50\mu\text{m}$  の厚さに研磨する。次に、図 1 7 ( d ) に示すように、変調部がはみ出すように電極の付いたガラスブロックに接着する。平行に接着したもの、図 7 ( e ) に示すように、 $45$  度傾けて接着したものを 2 種類用意する。電極の取り出しは、ハンダあるいは銀ペーストで行う。次に、図 1 8 ( a ) に示すように、 $70\mu\text{m}$  程度の幅の溝を導波路に形成し、前記図 1 7 ( d ) , ( e ) の工程で作製した P L Z T チップ付きのブロックを少し傾めにして倒れないように乗せる。光導波路基板もしくは光ファイバ基板の表面をスライドさせて、これを導波路溝に挿入する。図 1 8 ( a ) の工程で導波路コアにと変調部が一致するように、紙面前後にアライメントして、屈折率がマ

ツチングした接着剤で接着する。電圧を約 1 0 0 V 印加すると  $\pi$  変調が可能となる。

## 【 0 0 9 1 】

0 度と 4 5 度の配置の 2 枚の P L Z T 変調器を 2 段にカスケードに並べると、任意の偏波が入射された時直線偏波に変換が可能となる。P L Z T の応答速度は速く 1 0 n s の応答速度が見込める。

## 【 0 0 9 2 】

前記 P L Z T は 2 電極のタイプであり、偏波制御するためには、0 度と 4 5 度傾いた 2 枚の素子を挿入する必要があった。また、無限偏波追従をするためには、さらに、2 段の P L Z T 変調器が必要である。これを 1 枚にできる P L Z T 変調器の構造を図 1 9 に示す。

## 【 0 0 9 3 】

図 1 9 は、本発明の実施例 3 の P L Z T 変調器の作製工程を説明するための図であり、7-1 0 は左右上下から溝を入れた P L Z T 角棒、7-1 1 は光が通過する P L Z T の窓の部分であり、その横には電極 7-1 3 が形成され、さらに補強のため接着剤 7-1 4 が流し込んである。7-1 5 は 1 5  $\mu$  m 程度の薄い板ガラス、7-1 6 はその上に形成された電極パターン、7-1 7 はガラスブロックである。

## 【 0 0 9 4 】

本実施例 5 の P L Z T 変調器は、図 1 9 に示すように、光が通過する部分を囲むようにして、4 つの電極 7-1 3 が形成されている。5 0 0  $\mu$  m 角の角棒を上下左右からダイシング溝を入れ、光が通過する部分 5 0  $\mu$  m 程度を残す。次に、スパッタリングにより、P L Z T の側面に電極 7-1 3 を形成する。補強のため、ダイシングした部分に接着剤 7-1 4 を流し込む。電極を分離するため、P L Z T 棒の 4 辺を研磨し、スライシング、研磨して、厚さ 1 2 0  $\mu$  m 程度に薄くする。電極の付いた薄板ガラスに張り付けて銀ペーストで電極 7-1 3 を付け、ガラスブロックを取り付ける。前記図 1 8 ( a ) , ( b ) と同様に、これを導波路の溝に挿入する。4 つの電極 7-1 3 に印加する電圧を制御することによって、位相とその方向を変えることが可能となり、偏波無限追従が、本素子 1 個で可能

となる。

【 0 0 9 5 】

(実施例 4)

通常光導波路に  $15\ \mu\text{m}$  厚のポリイミドの波長板を挿入する場合には、ダイシングによって  $20\ \mu\text{m}$ 、深さ  $200\ \mu\text{m}$  程度の深さの溝を形成し、ピンセットで溝に挿入する。ポリイミドは柔らかいため、ピンセットで扱っても割れることはない。しかし光のロスを下げるために、RIEなどの反応性エッチングを用いる。RIEで溝を掘ると、通常  $50\sim 100\ \mu\text{m}$  程度の溝を掘るのが限界である。幅  $20\ \mu\text{m}$ 、深さ  $50\ \mu\text{m}$  の溝に  $15\ \mu\text{m}$  厚の薄いポリイミドなどの波長板を挿入しても、浅すぎるために、ポリイミドフィルムが倒れてしまうという問題があった。

【 0 0 9 6 】

そこで、図 20 に示すように、幅  $20\ \mu\text{m}$ 、深さ  $50\ \mu\text{m}$  程度の溝を RIE により形成し、上記実施例で示したように、ポリイミドフィルムをガラスブロックに張り合わせ、約  $40\ \mu\text{m}$  はみ出すように張り合わせて、溝に落とし込むことによって、狭く、浅い溝の中にも、面型のフィルムを挿入することが可能となる。

【 0 0 9 7 】

図 20 (a) ~ (d) は、RIE でポリイミドの波長板を挿入する工程を説明するための図であり、8-1 は光導波路、8-2 は RIE エッチングによって形成した溝、8-3 はポリイミドフィルム、8-4 はガラスブロック、8-5 は接着剤、8-6 は屈折率のマッチングした接着剤である。

【 0 0 9 8 】

(実施例 5)

本発明では透過型ディテクタを実現することが可能となる。光通信システムにおいては、光ファイバや導波路内のパワーを常にモニタする必要がある。現在はスプリッタやカップラで一部の光を分離してディテクタでモニタしている。

【 0 0 9 9 】

しかし、これらは装置が大型になる。光ファイバ、光のパワーをモニタするには、 $15\ \mu\text{m}$  から  $30\ \mu\text{m}$  程度の細い溝を掘って、その間に透過型のディテクタ

を挿入すればよい。これには通常ディテクタとして用いられる  $\text{InGaAs}$  や  $\text{Ge}$  の単結晶ディテクタを研磨したものでもよいし、ガラス基板上に  $\text{PbS}$  膜あるいは  $\text{PbSe}$  膜を光通過用窓を設けて形成したものでもよい。

#### 【0100】

例えば、ガラス基板に  $\text{PbS}$  厚膜を形成し、 $10\mu\text{m}$  直径の光が通過する穴をホト加工によって形成する。この時光が通過する穴から、導波路コアの探さに相当する分の位置に位置合わせマークを形成しておく。 $\text{PbS}$  が形成されたガラス板を  $10\mu\text{m}$  から  $15\mu\text{m}$  の厚さに研磨し、切断してチップ化する。ガラスブロックに張り合わせる。この時、位置合わせマークとガラスブロックの下面が一致するように位置合わせする。溝に挿入すると、 $\text{PbS}$  の通過穴にコアの位置になるため、溝方向に少しずらして、光が  $\text{PbS}$  の窓を通過するようにして、固定する。溝を通過する光はコアの大きさよりも多少大きくなるので、その分の光を  $\text{PbS}$  が電気に変換して、ファイバや導波路内の光のパワーを分岐することなく、モニタすることが可能となる。

#### 【0101】

##### (実施例6)

本発明では、薄い偏光子を導波路に挿入することが可能となる。偏波消光比の高い偏光子には、キューブの形をした偏向ビームスプリッタがよく用いられる。高分子を延伸した平面の偏光子は数  $100\mu\text{m}$  の厚さがあり、偏波消光比は低い。コーニングが開発している銀粒子をガラスに分散させて、溶融延伸して作製した偏光子はガラスであり、その厚さは  $30\mu\text{m}$  から数  $100\mu\text{m}$  あり、 $30\mu\text{m}$  の厚さでも偏波消光比は  $30\text{dB}$  以上を保証している。但し  $30\mu\text{m}$  の厚さでは取り扱い難いので、両面にガラスを挟んで補強したものを市販している。ここでは  $30\mu\text{m}$  厚の数  $\text{mm}$  角の偏光子を  $s:400\mu\text{m}$  程度はみ出すようにして、 $2\text{mm}$  (I)  $\times$   $2\text{mm}$  (h) のガラスブロックに張り付け、導波路あるいはファイバ固定板に設けた約  $40\mu\text{m}$  幅の溝に挿入した。ここで、ブロックが倒れない条件  $I/h > s/I$  を満足しているので、少し傾めにして倒れないように安定に保持されたまま、導波路溝に落とし込むことが可能であった。導波路内で  $30\text{dB}$  の直線偏波を得ることが可能となった。

【 0 1 0 2 】

以上、本発明者によってなされた発明を、前記実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【 0 1 0 3 】

【発明の効果】

本願において開示される発明によって得られる効果を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

【 0 1 0 4 】

本発明によれば、薄い面型デバイス、チップデバイスを導波路やファイバ固定板に設けた溝に挿入することが容易になり、従来フリースペースで実現されていた種々の光デバイスが光導波路、光ファイバ形デバイスとして実現することができた。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態 1 の光導波路基板もしくは光デバイス基板の概略構成及びその製作を説明するための図である。

【図 2】

本実施形態 1 の光ファイバ基板に溝を形成する工程を示す図である。

【図 3】

本実施形態 1 の光ファイバの製作工程を説明するための図である。

【図 4】

本実施形態 1 の面型光学素子の実装工程を説明するための図である。

【図 5】

本実施形態 1 の面型光学素子の実装方法の実装基本工程を説明するための図である。

【図 6】

本実施形態 1 の面型光学素子の実装完了を示す図である。

【図 7】

本実施形態 1 の 1 つの溝に 2 枚の面型光学素子の挿入する状態を示す図である。

【図 8】

本発明に係る液晶回転波長板の原理を説明するための図である。

【図 9】

本発明の実施例 2 の薄型液晶回転波長板の作製工程を説明するための図である。

【図 1 0】

図 9 のつづきの図である。

【図 1 1】

本発明の実施例 2 の液晶回転波長板を用いた無限追従偏波制御素子の作製工程を示す図である。

【図 1 2】

本発明の実施例 2 の平行配向液晶板の作製工程を示す図である。

【図 1 3】

図 1 2 のつづきの図である。

【図 1 4】

本発明の実施例 2 の溝壁面を利用したい偏波制御素子の作製工程を示す図である。

【図 1 5】

図 4 のつづきの図である。

【図 1 6】

光シャッタアレイの構造を示す図である。

【図 1 7】

本発明の実施例 3 の P L Z T 変調器の作製工程を説明するための図である。

【図 1 8】

図 1 7 のつづきの図である。

【図 1 9】

本発明の実施例 3 の P L Z T 変調器の作製工程を説明するための図である。

【図 2 0】

本発明の実施例 4 の R I E でポリイミドの波長板を挿入する工程を説明するた

めの図である。

【図 2 1】

従来の代表的なコリメートファイバを用いた光デバイスを示す図である。

【符号の説明】

1-1-1 …光導波路基板	1-1-1 A …基板（光ファイバ基板）
1-1-2 …ガラス板	1-1-3 …光ファイバ心線
1-1-4 …光ファイバの被覆	1-1-5 …V溝アレイ
1-1-6 …接着剤	1-2 …垂直に設けた溝
1-3 …ダイシングプレード	1-4 …面型光学素子（光機能素子）
1-5 …支持部材（ブロック）	1-6 …接着剤
1-7 …位置合わせマーク	1-8 …窓（光透過部分）
1-9 …光デバイスの電極	1-10 …パターン電極
1-11 …光学接着剤	1-12 …取り出し電極
2-1 …光の通過する窓	2-2 …中心対称の8電極
2-3 …ガラス基板	2-4 …垂直配向した液晶
2-5 …窓を通過した光ビーム	2-6 …液晶分子が回転している様子
3-1 …中心対称8電極パターン	3-2 …ガラス基板
3-3 …角に切断されたガラス基板	3-4 …ガラスブロック
3-5 …スペーサ	3-6 …ネマチック液晶
3-7 …ガラス偏光子	3-8 …透過型ディテクタ
4-1 …ストライプ透明電極（ITO）	4-2 …ガラス基板
4-3 …研磨したガラス基板	4-4 …ガラスブロック
4-5-1 …スペーサ	4-5-2 …配向膜
4-5-3 …液晶	4-6 …コア
4-7 …平行配向ネマチック素子	4-8 …平行配向ネマチック素子
4-9 …ガラス偏光子	4-10 …透過型光ディテクタ
5-1 …透明電極	5-2 …配向膜
5-3 …ラビングロール	5-4 …ガラスブロック
5-5 …ガラスブロック	5-6 …0度配向ホモジニアス液晶

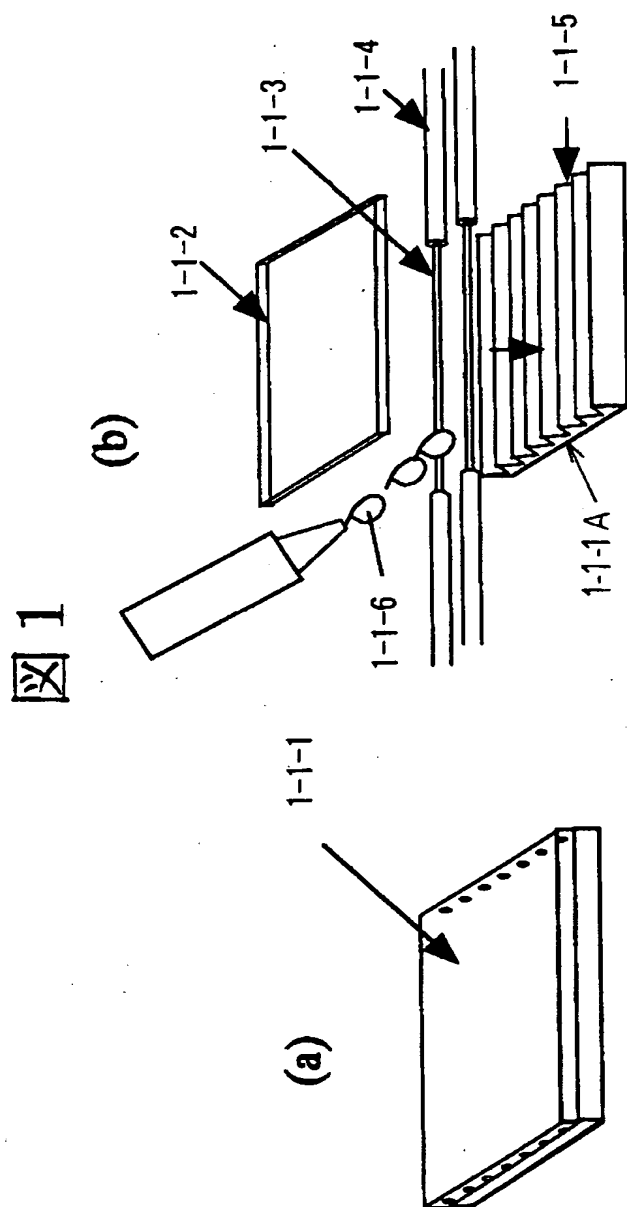


- |  |                        |
|--|------------------------|
| 5-7…ツイストネマチック液晶                              | 5-8…ガラス偏光子             |
| 5-9…透過型ディテクタ                                 | 6-1…P L Z T セラミクス基板    |
| 6-2…シャッタ部分                                   | 6-3…凸部 P L Z T を挟む電極   |
| 6-4…電極分離部分                                   | 7-1…凸型の電極              |
| 7-2…凸型 P L Z T                               | 7-3…スライシングダイシング面       |
| 7-4…凸型 P L Z T チップ                           | 7-5…電極付きガラスブロック        |
| 7-6…導電ペースト                                   | 7-7…ガラスブロックに付けた電極      |
| 7-8…溝を設けた導波路                                 | 7-9…接着剤                |
| 7-10…P L Z T 角棒                              | 7-11…P L Z T の窓の部分     |
| 7-13…電極                                      | 7-14…接着剤               |
| 7-15…薄い板ガラス                                  | 7-16…電極パターン            |
| 7-17…ガラスブロック                                 | 8-1…光導波路               |
| 8-2…溝  | 8-3…ポリイミドフィルム          |
| 8-4…ガラスブロック                                  | 8-5…接着剤                |
| 8-6…屈折率マッチング接着剤                              | 9-1…入力コリメータ付きファイバ      |
| 9-2…出力コリメータ付きファイバ                            | 9-3…回転 $\lambda/2$ 板   |
| 9-4…回転 $\lambda/4$ 板                         | 9-5…回転あるいは移動型 N D フィルタ |
| 9-6…液晶可変波長フィルタ（ピエゾコントロールファブリーペロー干渉計可変波長フィルタ） | 9-7…偏光子 1              |
| 9-8…偏光子 2                                    | 9-9…ファラデー回転子           |

【書類名】

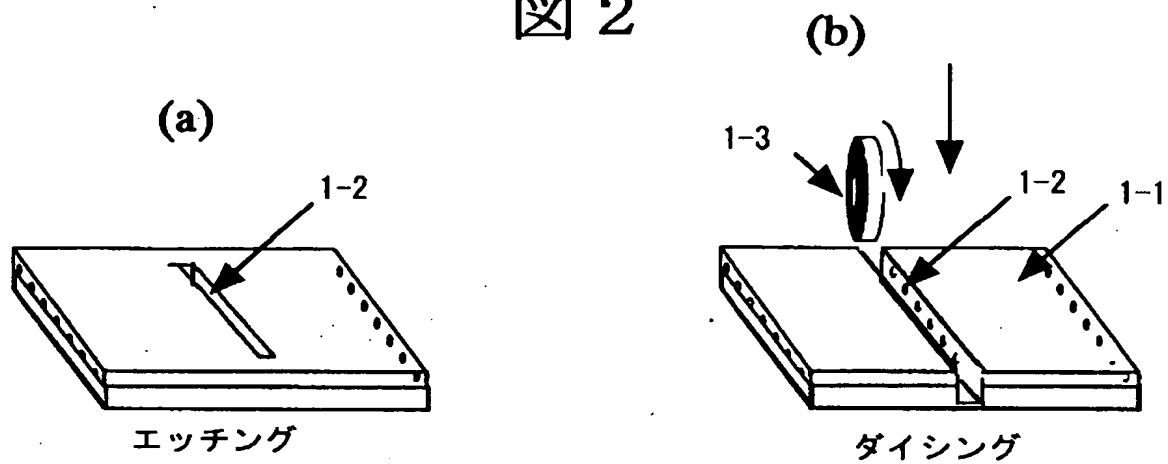
図面

【図 1】



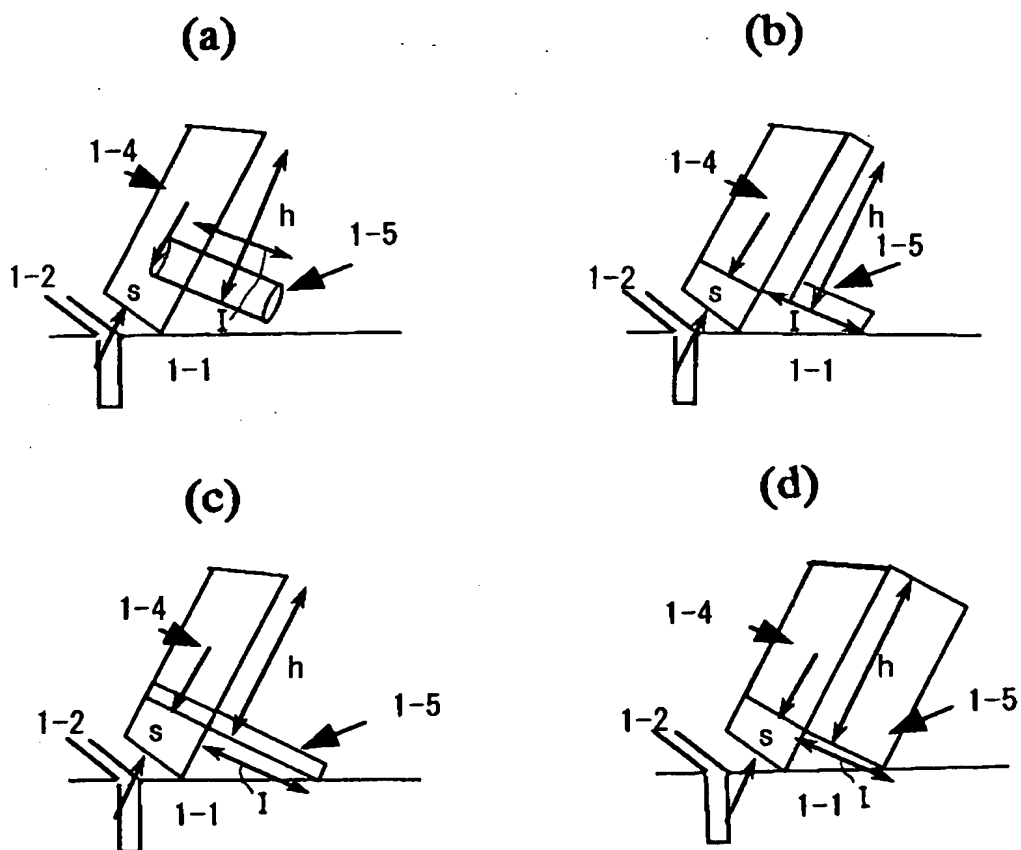
【図 2】

図 2



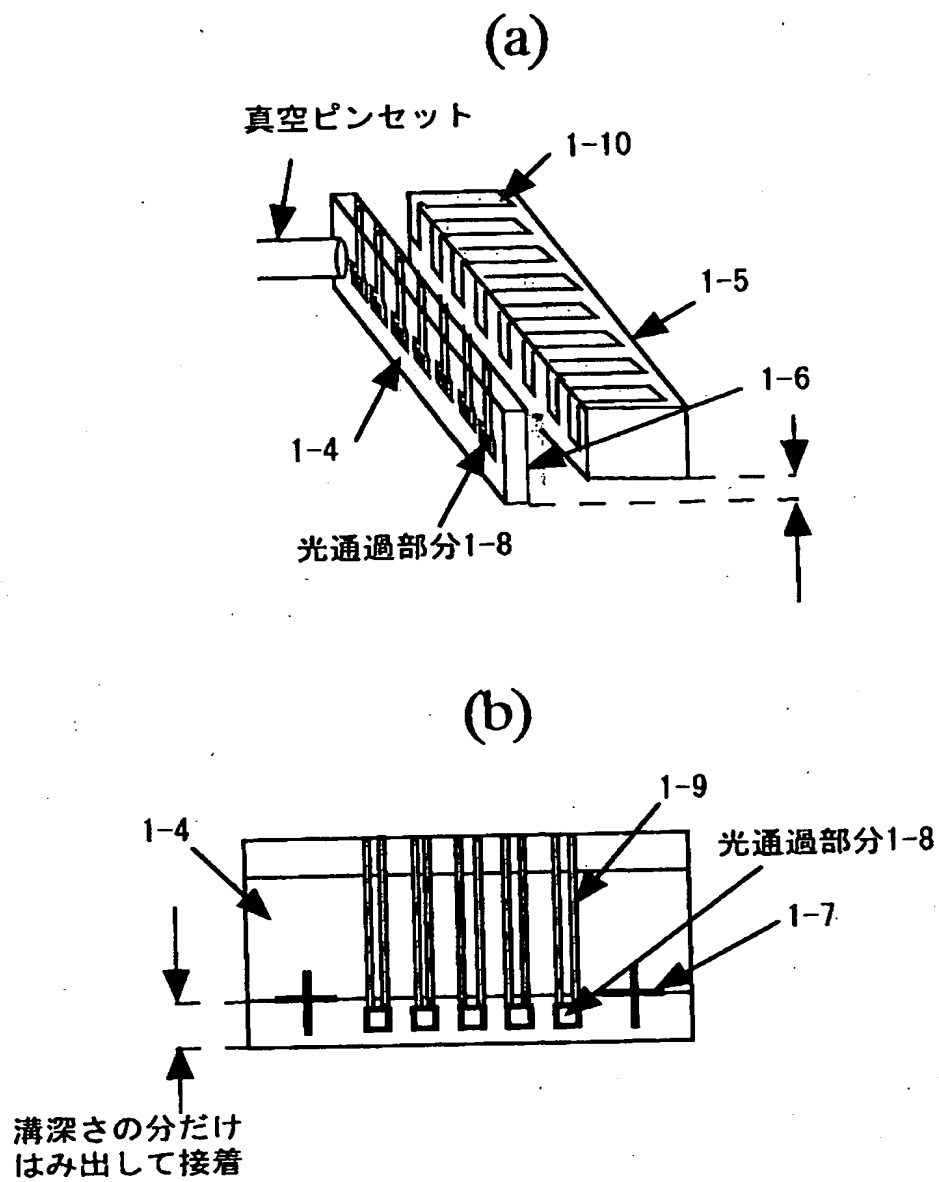
【図 3】

図 3



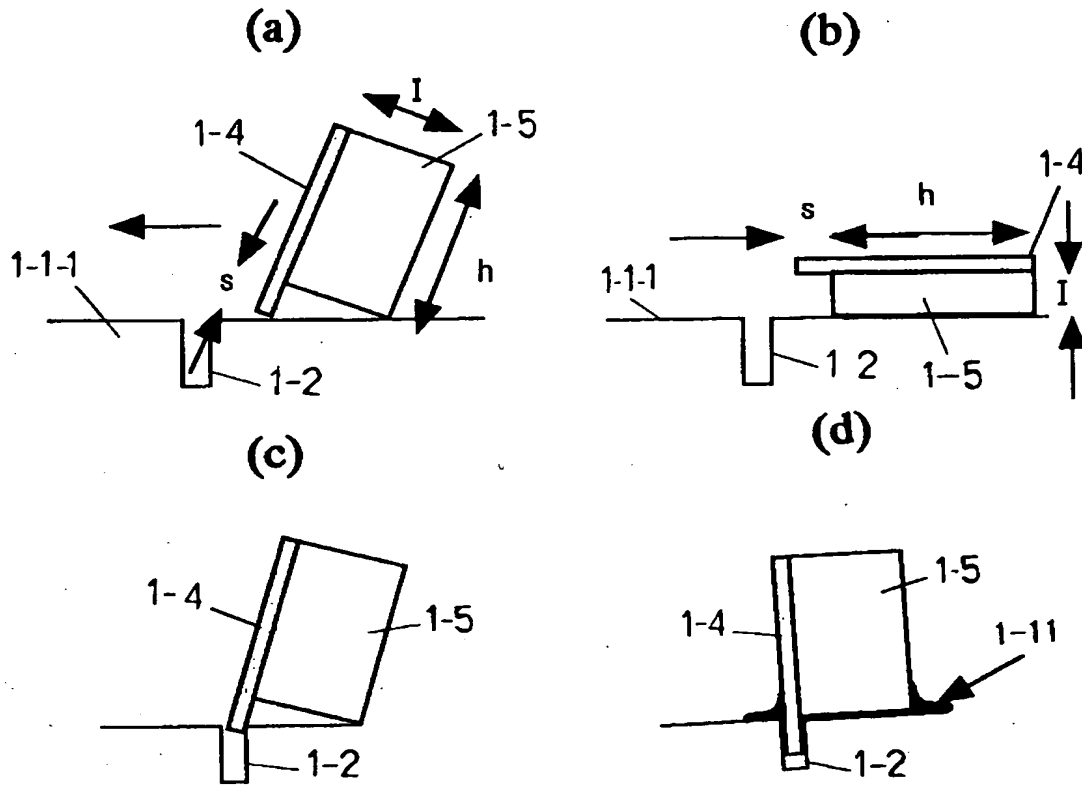
【図4】

図 4



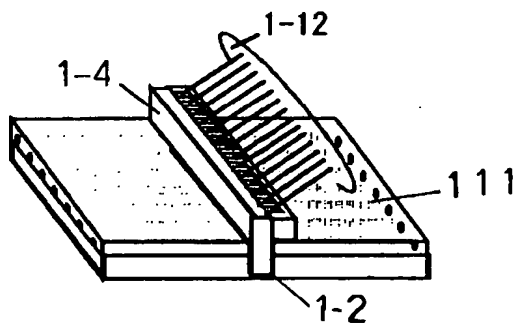
【図 5】

図 5



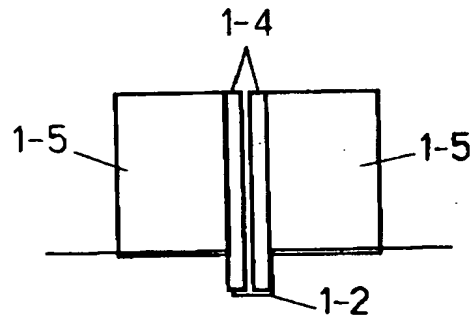
【図 6】

図 6



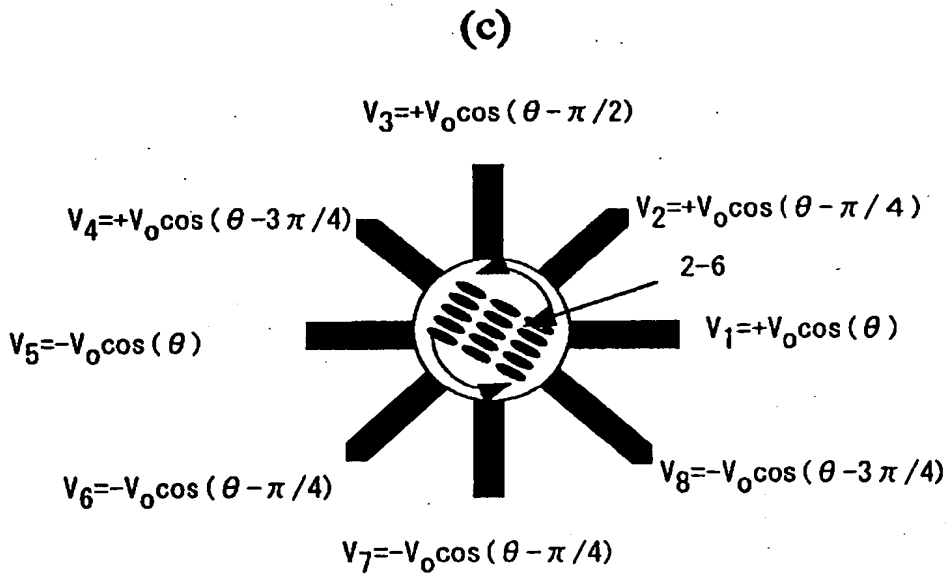
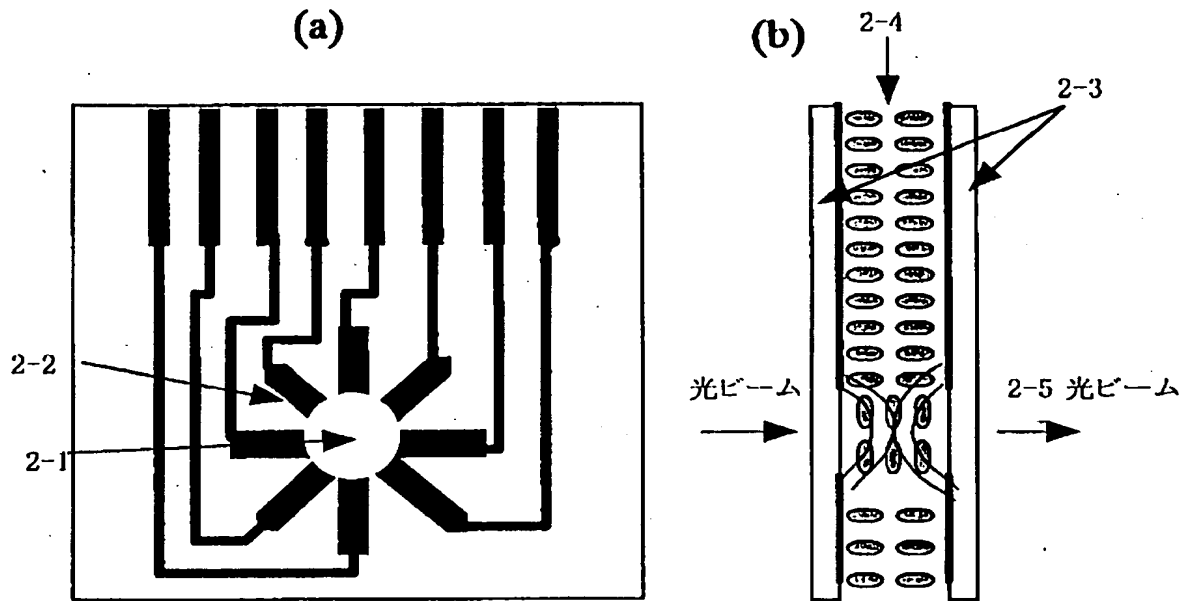
【図 7】

図 7



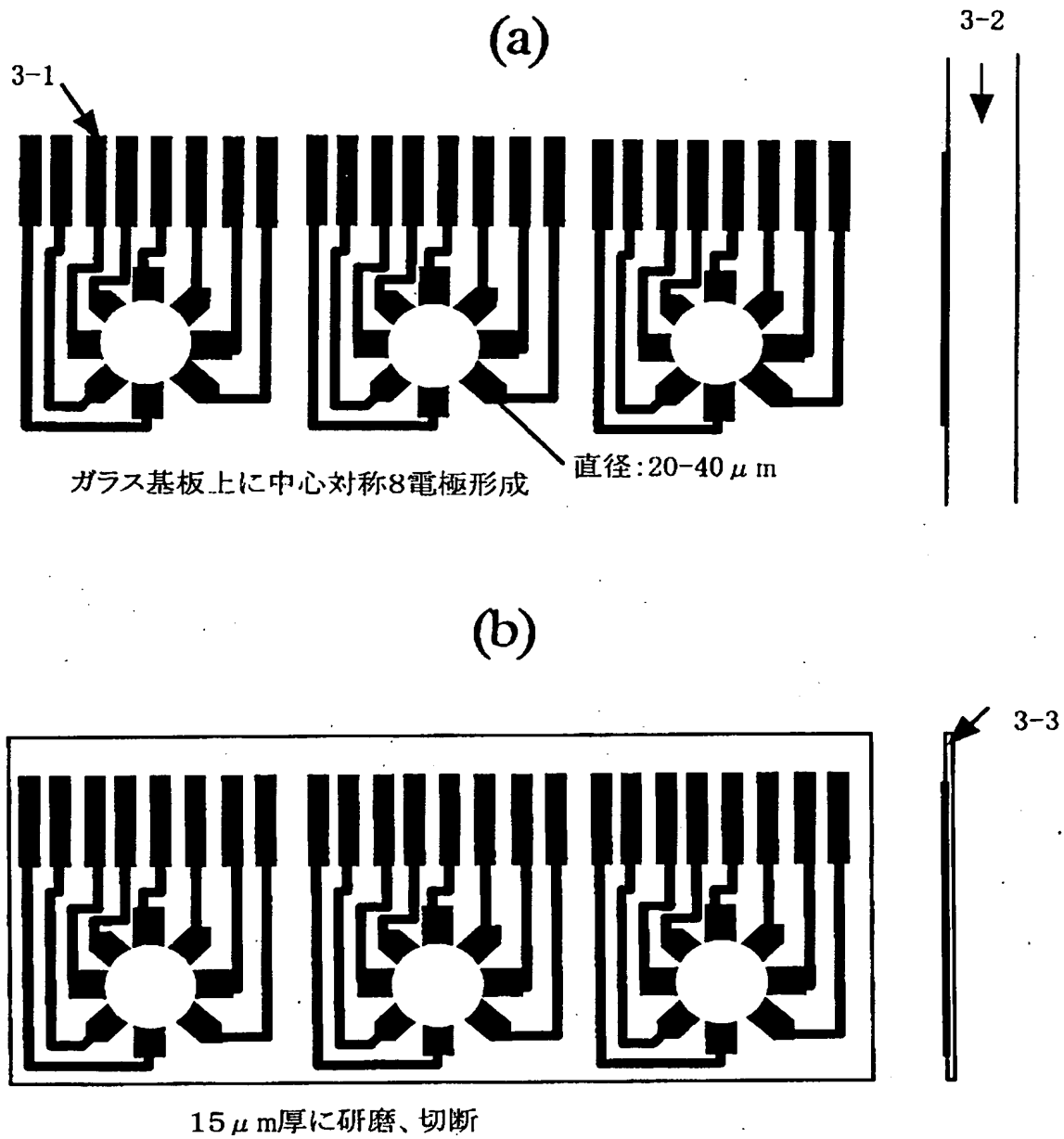
【図 8】

図 8



【図 9】

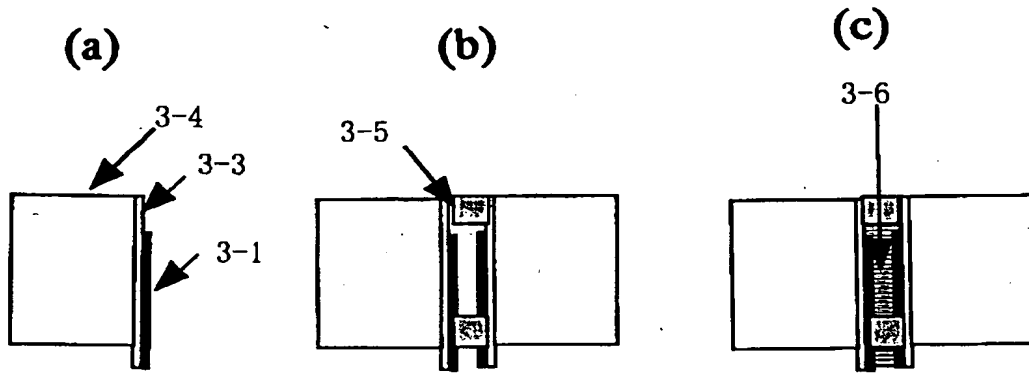
図 9





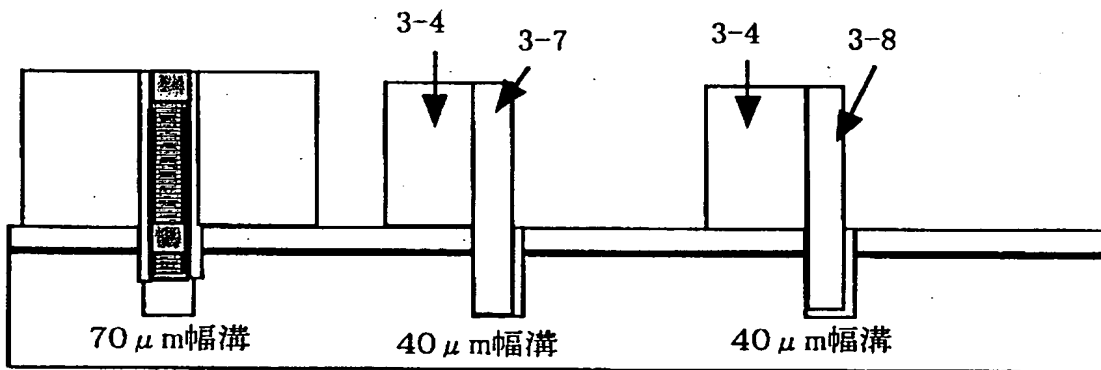
【図 10】

図 10



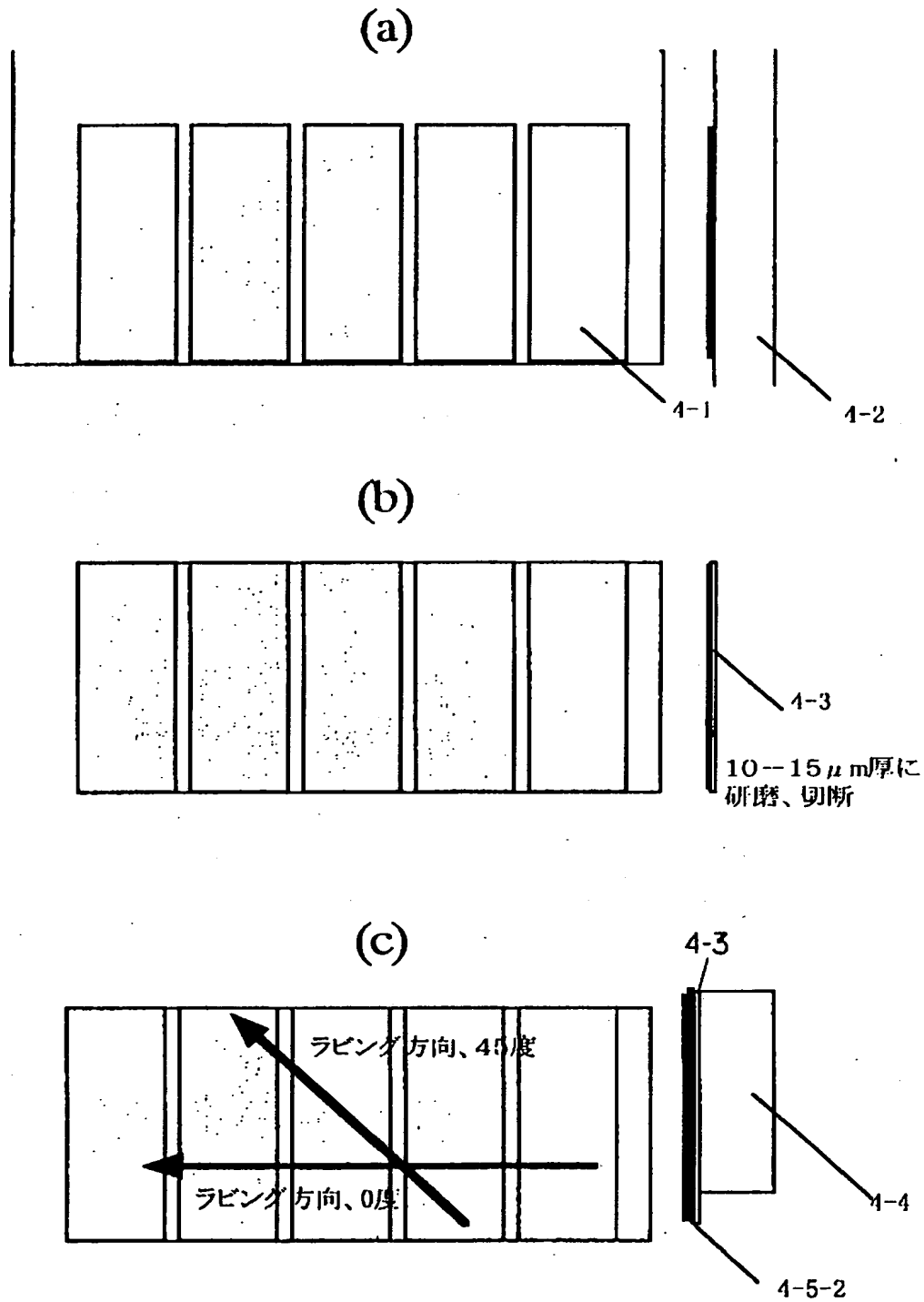
【図 11】

図 11



【図12】

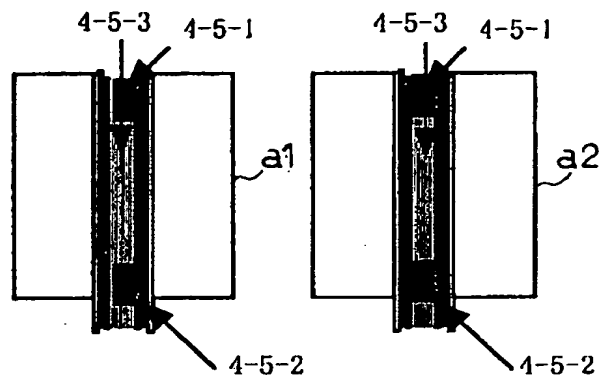
図 12



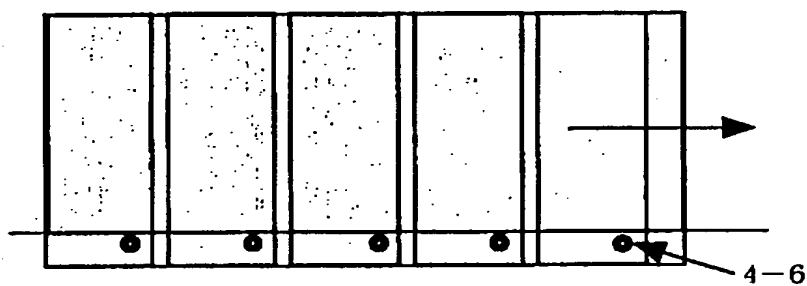
【図 1 3】

図 1 3

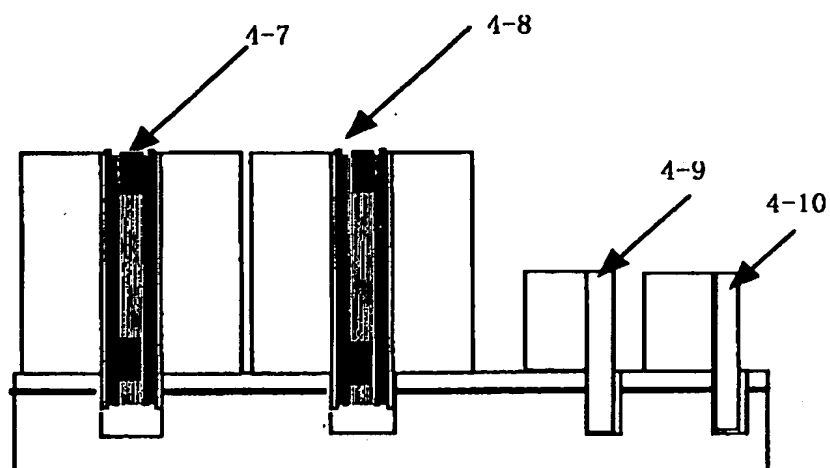
(a)



(b)



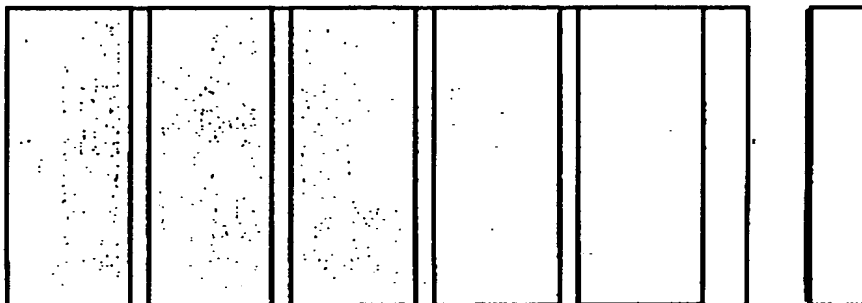
(c)



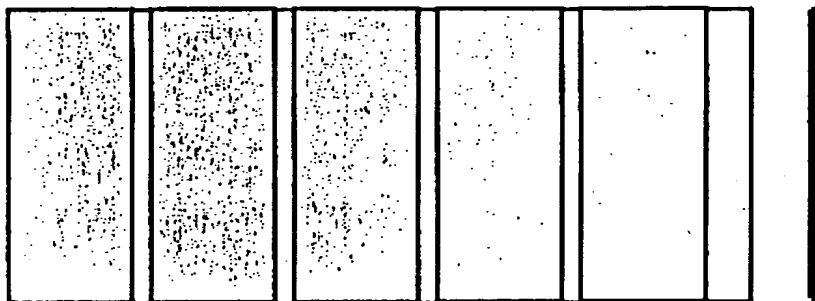
【図 1 4】

図 1 4

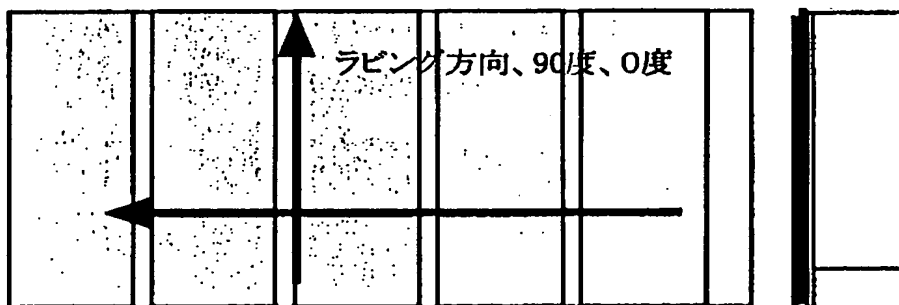
(a)



(b)



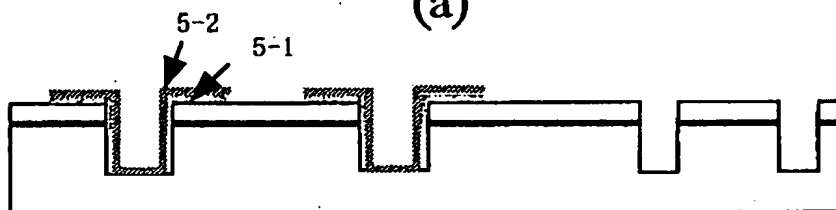
(c)



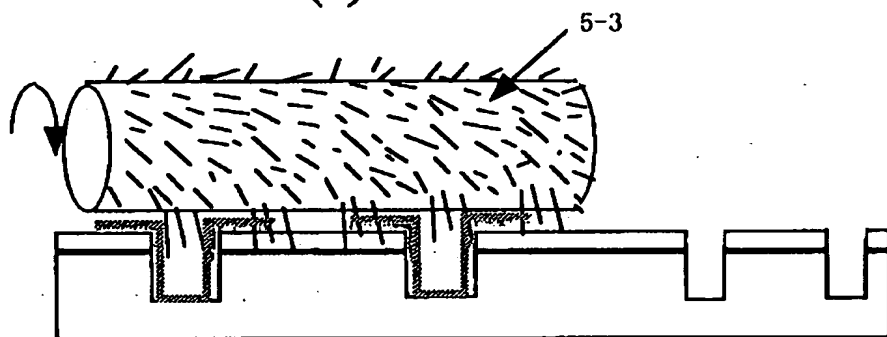
【図 15】

図 15

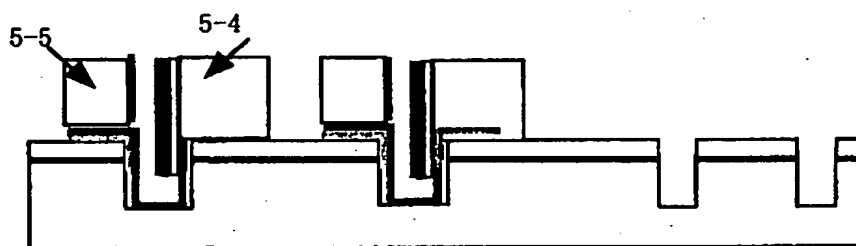
(a)



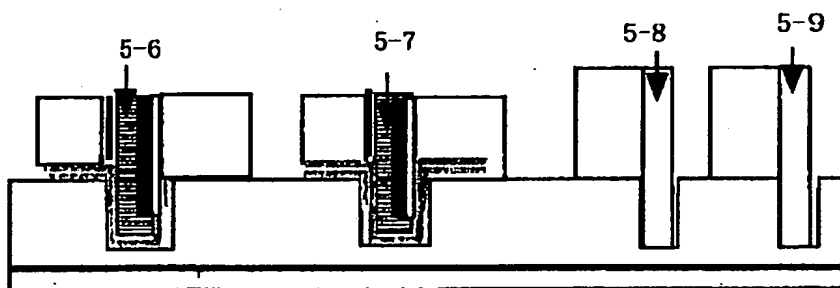
(b)



(c)

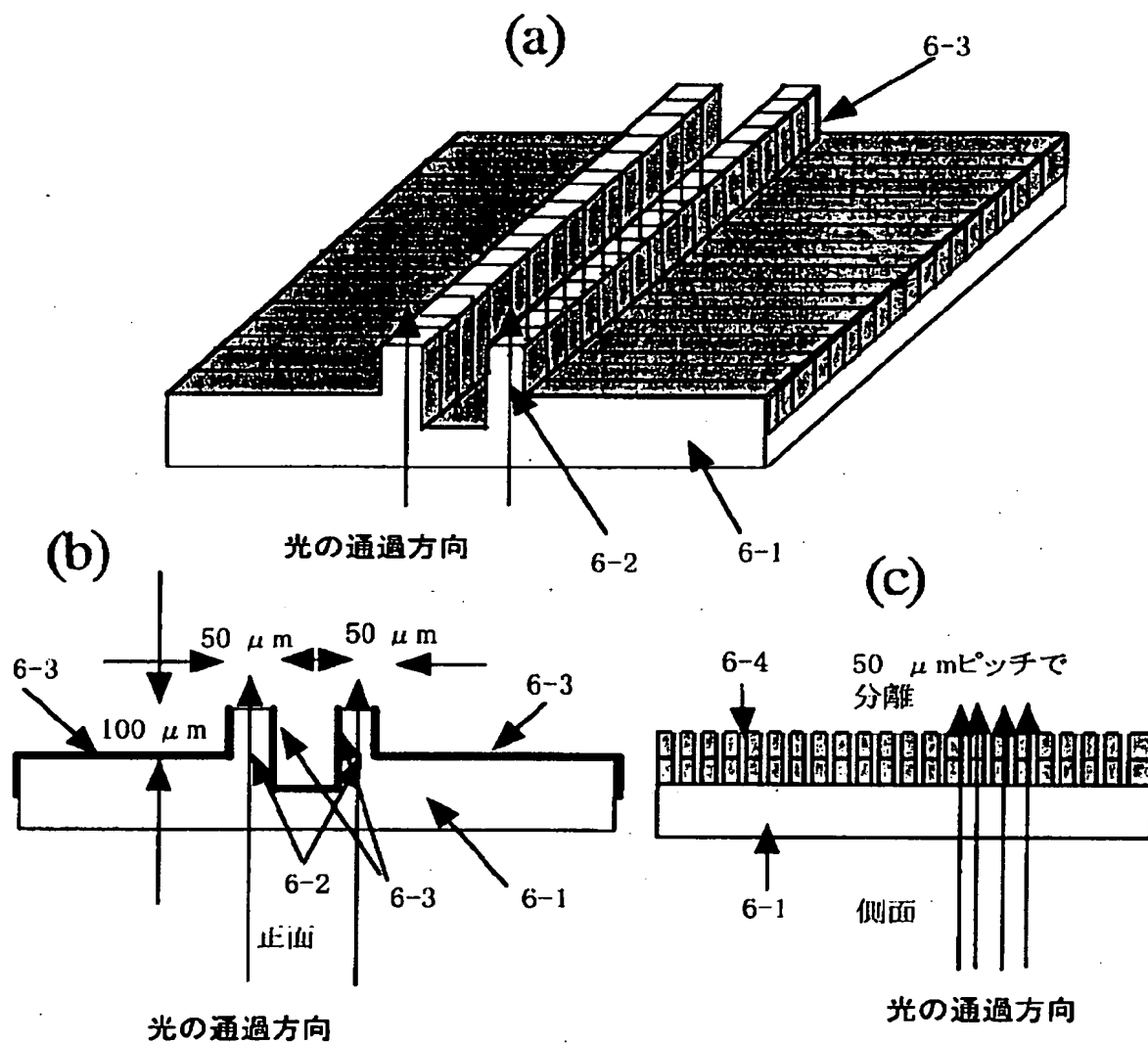


(d)



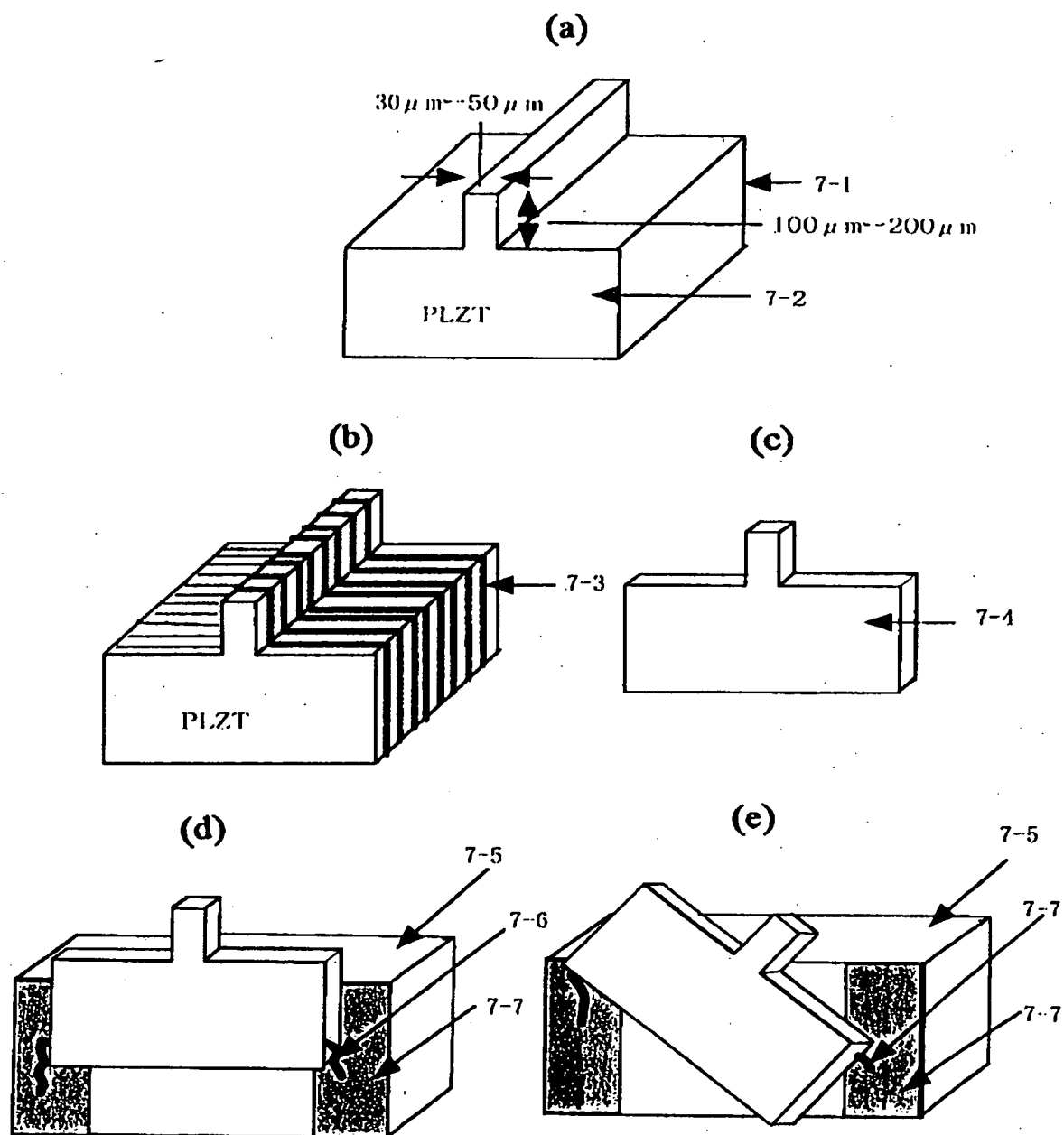
【図 16】

図 16



【図 17】

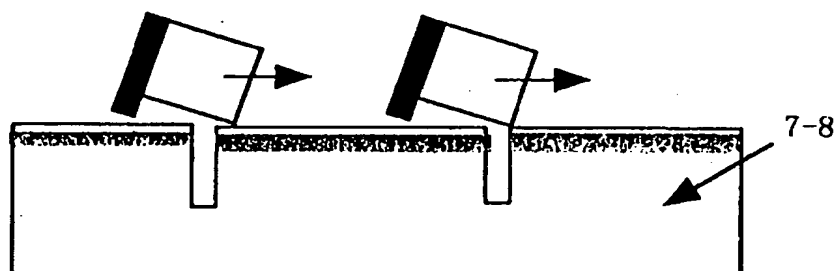
図 17



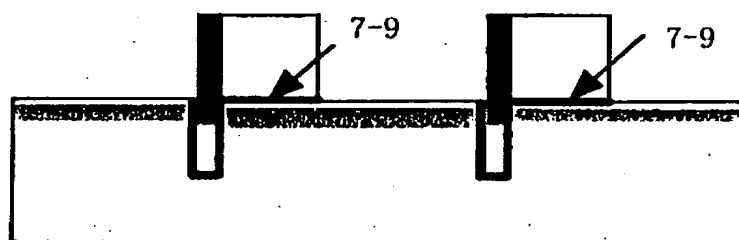
【図 18】

図 18

(a)



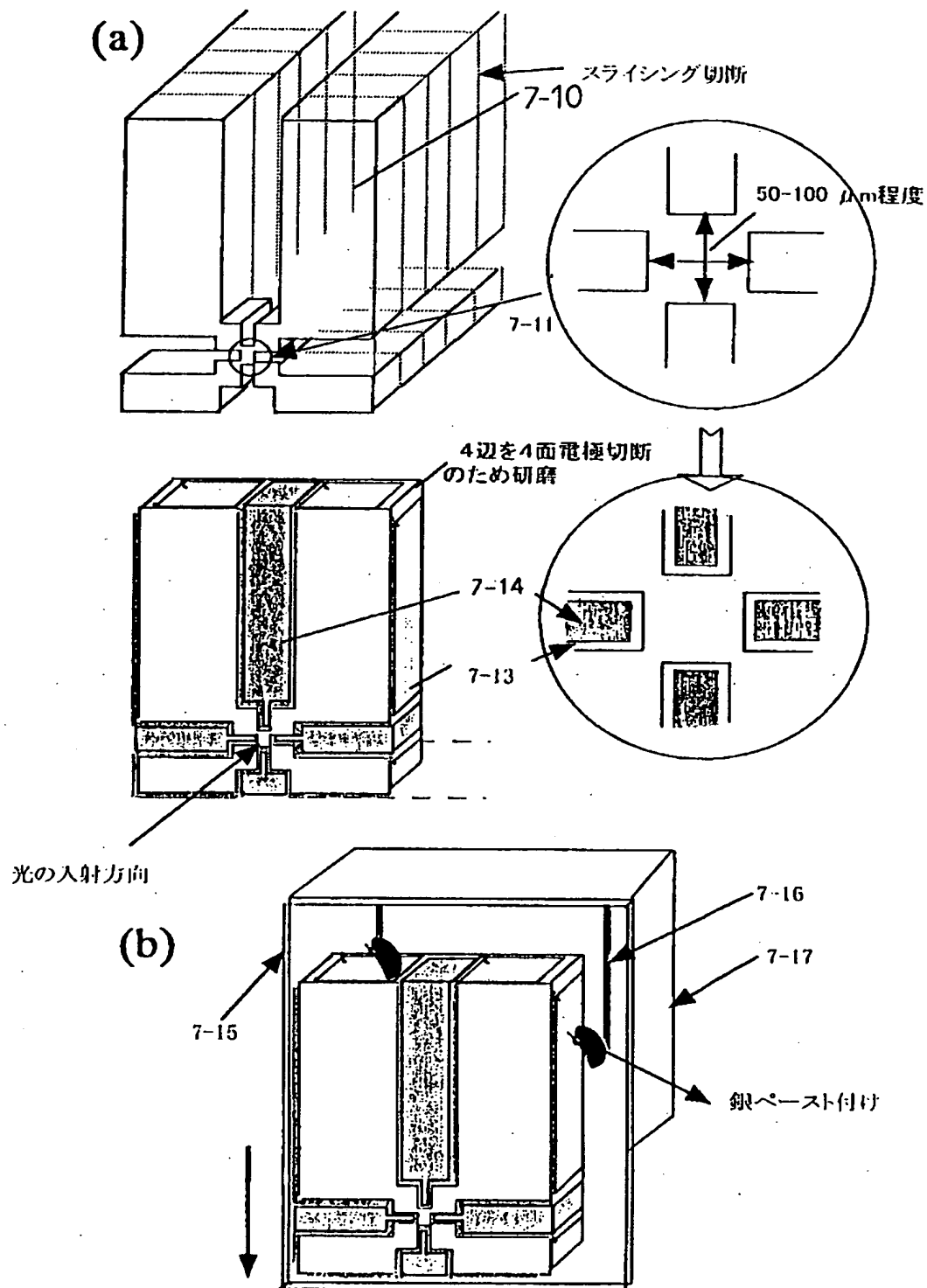
(b)





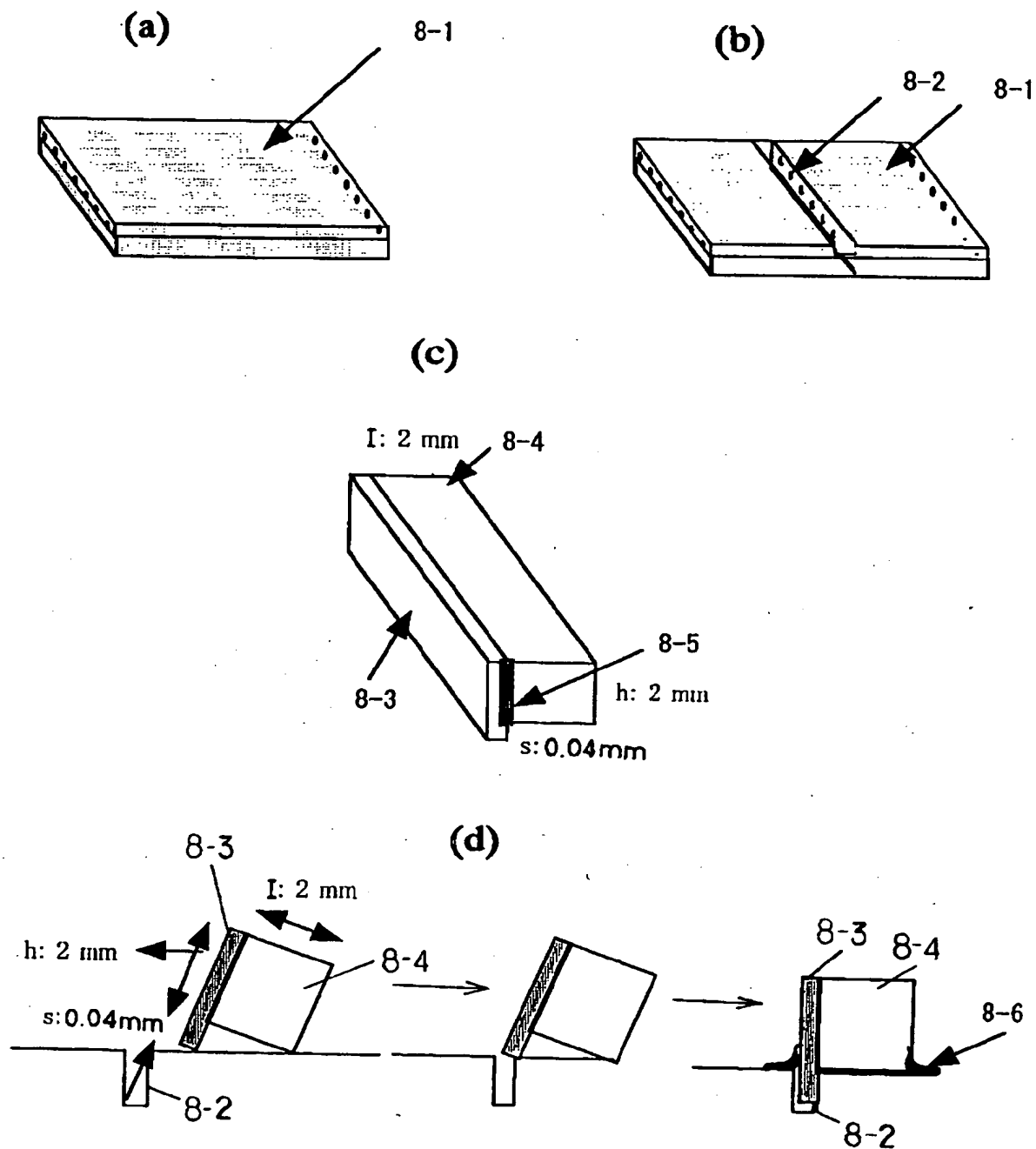
【図 19】

図 19



【図 20】

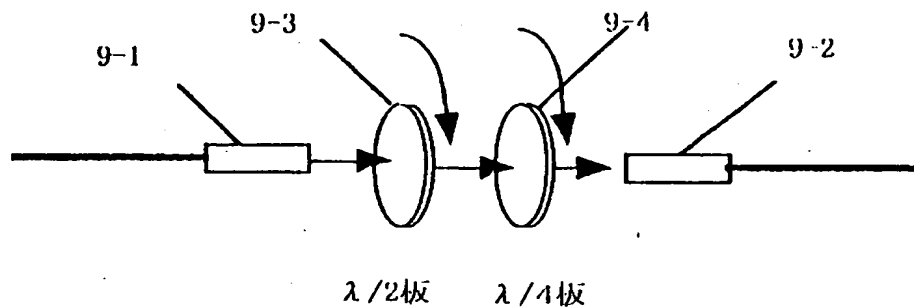
図 20



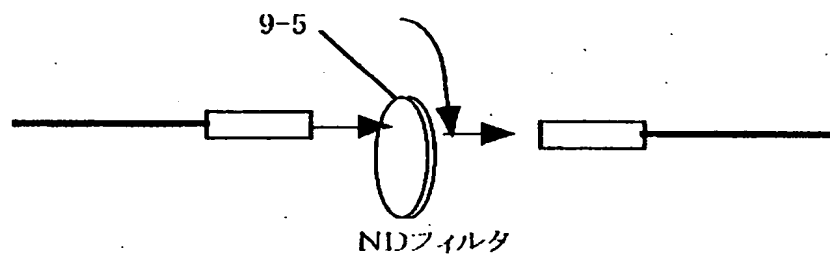
【図 21】

図 21

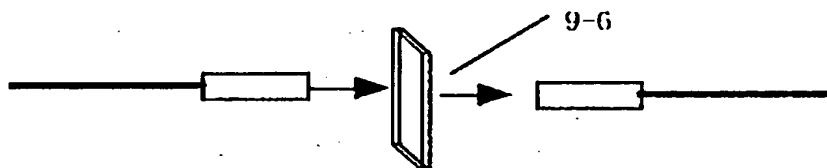
(a)



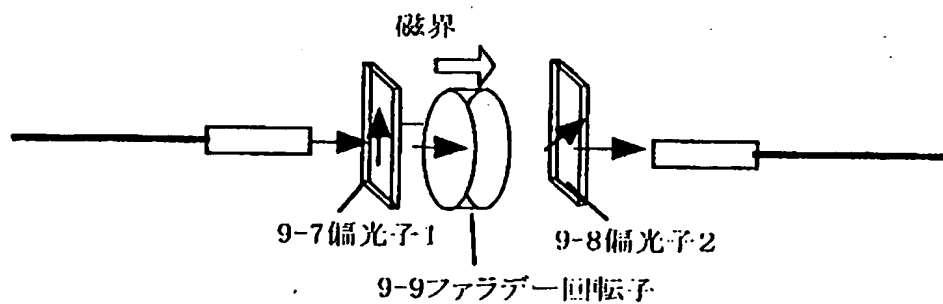
(b)



(c)



(d)



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】  $10\ \mu\text{m}$  から  $100\ \mu\text{m}$  程度に薄くした面型光学素子を破損することなく、容易に光ファイバ板型あるいは導波路型の光デバイスを得る。

【解決手段】 光ファイバを固定した光ファイバ板あるいは光導波路の光が通過する部分を切断するように設けた幅の細い溝に、支持部材を張り付けた面型光学素子を垂直もしくはほぼ垂直に挿入し固定された光デバイスであって、前記細い溝の幅  $W$  は、前記面型光学素子の厚さを  $w$  とすると、 $w + 10\ \mu\text{m} < W < 160\ \mu\text{m}$  である。

【選択図】 図 5

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2001-254381
受付番号	50101240798
書類名	特許願
担当官	後藤 正規 6395
作成日	平成 13 年 9 月 4 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年 8月24日
【特許出願人】	
【識別番号】	000004226
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町二丁目3番1号
【氏名又は名称】	日本電信電話株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100083552
【住所又は居所】	東京都北区東田端1丁目13番9号 ツインビル 田端B 2階
【氏名又は名称】	秋田 収喜
【代理人】	
【識別番号】	100103746
【住所又は居所】	東京都北区東田端1丁目13番9号 ツインビル 田端B 2階
【氏名又は名称】	近野 恵一

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004226]

1. 変更年月日 1999年 7月15日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏 名 日本電信電話株式会社